TOME XI - Fasc. 1-2 Octobre 1938

P. 1170

REVUE ALGOLOGIQUE

Fondée par P. ALLORGE et G. HAMEL

DIRECTEURS :

P. ALLORGE et ROB. LAMI

LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
DU
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12, RUE DE BUFFON, 12 — PARIS (V°)

REVUE ALGOLOGIQUE

TOME XI

PARIS

1938-1939

S... 5 INHN Paris

Tome XI - Fasc. I-II Octobre 1938

REVUE ALGOLOGIQUE

Directeurs :

P. ALLORGE et Rob. LAMI

SOMMAIRE

J. PAYEN. — Recherches biochimiques sur quelques Cyanophycées.... 1

K. ROY. — Recherches sur la structure du noyau quiescent et sur les mitoses somatiques de quelques Fucacées 101

M. CHADEFAUD. — Nouvelles recherches sur l'anatomie comparée des Eugléniens : les Péranémines 189

Rob. LAMI. — Un nouvel *Aphanothece* de la Guadeloupe : *Aphanothece Karukerae* nov. sp. 221

F. BOERGESEN. — Sur une collection d'Algues marines recueillies à une profondeur remarquable près des îles Canaries 225

J. LANCELOT. — Quelques Algues draguées sur le Banc Gorringe.... 231

Source : MNHN, Paris

Recherches biochimiques sur quelques Cyanophycées

Par Julienne PAYEN

INTRODUCTION

I. — HISTORIQUE

Les Cyanophycées, souvent appelées algues bleues, furent longtemps ignorées, délaissées des botanistes qu'attiraient davantage les formes brillantes des algues rouges, vertes ou brunes.

Le public n'en connaît guère que les manifestations curieuses, qui provoquent son étonnement.

C'est l'épanouissement soudain du *Nostoc commune* Vauch qui, après une pluie, s'étale en larges plaques glissantes sur les sentiers calcaires, sur les routes recouvertes de graviers.

C'est, au bord de la mer, l'apparition de *Rivularia bullata* Poiret surgissant du rocher comme des milliers de petites bulles vert pâle au milieu de l'écume et qui, après avoir scintillé au soleil, semblent fondre et se retirer au fond des minuscules anfractuosités du granit.

C'est le développement extraordinairement rapide de l'*Aphanizomenon flos aquæ* (L.) Ralfs, qui produit à la surface des étangs le phénomène connu sous le nom de fleur d'eau, ou celui des *Trichodesmium* Ehrenberg, qui colore parfois en rouge certaines mers tropicales (1).

(1) Lettre de Evenor Dupont à I. Geoffroy Saint-Hilaire. *Bulletin de la Société Française de Microscopie*, vol. III, n° 3, 1934.

Source MNHN Paris

Gomont (37), parlant du *Microcoleus chtonoplastes*, décrit : « Il joue un rôle utile dans l'exploitation des marais salants, en recouvrant le fond des bassins ou œillets d'un tapis compact, qui permet d'enlever les cristaux de sel sans mélange de vase. En cet état, il forme des assises diversement colorées, accumulées sur une épaisseur parfois considérable, et dont les supérieures, qui sont les seules vivantes, peuvent être détachées par larges plaques et roulées comme des morceaux de drap : ce végétal mérite complètement le nom de chtonoplaste (constructeur de sol), qui lui a été donné par les premiers observateurs. »

C'est aussi la possibilité, pour certaines de ces plantes, de se développer parfaitement dans les eaux thermales à plus de 70° (A. Famin, 30).

Le bulletin de la Société de Dax suggère que certaines vertus thérapeutiques des eaux de la région pourraient provenir de ces algues.

Les Cyanophycées constituent, au point de vue biochimique, un sujet entièrement nouveau. Au cours des diverses études effectuées sur la morphologie de ces plantes, quelques auteurs ont émis des hypothèses sur les constituants du cytoplasme : ces observations, faites à l'aide de colorants, sont de nature microchimique, et n'ont pas été suivies de recherches de quelque ampleur.

En 1899, Clautriau (15) signalait les difficultés de l'étude chimique :

« Quoique les Cyanophycées contiennent le plus souvent une chlorophylle bleu verdâtre, on ne constate pas, chez elles, d'amidon... L'étude de leurs réserves ternaires est peu avancée, elle présente d'ailleurs de grosses difficultés et exige un matériel d'étude abondant. De plus, les dimensions réduites de ces organismes ne permettent pas de les broyer, de les dessécher facilement, afin de pouvoir en extraire avec certitude ces substances hydrocarbonées qui, à cause de leur nature colloïdale, ne peuvent diffuser au travers des membranes et exigent pour leur extraction que les cellules soient ouvertes... »

En 1906, Errera (29) annonce, dans *Oscillatoria formosa* Bory, la présence du glycogène, en s'appuyant sur la coloration du cytoplasme par l'iode :

« Le glycogène ne se rencontre dans aucun des végétaux supérieurs : parmi les plantes vertes, n'existe que dans les Cyanophycées; il est localisé dans la zone corticale verte correspondant au cytoplasme, variété de glycogène qui ne disparaît qu'après chauffage à température élevée... »

Source MNHN, Paris

D'autre part, des recherches ont été faites sur des granulations assimilées à des *cristalloïdes protéiques*.

« On a signalé, dans les Cyanophycées, des granulations très réfringentes, de formes un peu anguleuses, de dimensions variées, parfois très nombreuses, qui, dans beaucoup d'espèces, se trouvent presque exclusivement localisées entre les parois transversales des cellules, mais, dans d'autres, se rencontrent aussi sur les faces latérales. » (A. GUILLIERMOND, G. MANGENOT, L. PLANTEFOL (36).

Ces granulations ont été décrites sous des noms divers : Boules gélatineuses (ZIMMERMANN), grains de réserve (NADSON), cristalloïdes de protéines (HEGLER), grains de cyanophycine (ZACHARIAS, BORZI, HIÉRONYMUS, KOHL, FISCHER, GUILLIERMOND).

Elles ont été diversement interprétées : il semble, d'après les méthodes utilisées par DIETRICH (24), qu'elles soient de nature lipo-protéique.

On sait, en outre, que ces algues élaborent une substance mucilagineuse, qui constitue une gaine parfois épaisse autour du trichome.

A la suite de recherches exclusivement microchimiques, GOMONT (37), puis LEMAIRE (42) ont émis cette opinion que les gaines de Cyanophycées ont une constitution très variable.

Les unes seraient formées d'une substance se rapprochant des matières pectiques (*Glœotrichia natans*, *Microcoleus paludosus*).

Les autres seraient constituées par un produit complexe, la *Schizophycose*, qui semblerait due à la « combinaison d'un composé acide jouant le même rôle que l'acide pectique, avec une autre substance organique à réaction basique » (*Stigonema ocellatum*, *Scytonema myochrous*).

Enfin, quelques autres posséderaient de la schizophycose et de la cellulose, cette dernière insoluble dans la liqueur de Schweitzer (*Tolypothrix lanata*, *Scytonema cincinnatum*).

Quelle est la nature précise de cette gomme ? On l'ignore. Y a-t-il dans les cellules des composés glucidiques ? On n'a retiré jusqu'alors ni alcool polyatomique, ni sucre, ni amidon (1).

L'objet de ce travail est de rechercher quelques-uns des constituants des Cyanophycées et d'essayer de se rendre compte s'il existe, dans ce groupe d'algues, une certaine homogénéité de composition.

(1) Un travail de B. TURNER sur *Oscillatoria prolifera* a paru en 1916. L'auteur suppose la présence d'un glucoside sans en préciser la nature. Il indique que la gomme extraite se transforme par les acides (67).

Source MNHN, Paris

II. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CYANOPHYCÉES

1. DONNÉES MORPHOLOGIQUES

La morphologie et la cytologie de ces algues ne sont bien connues que depuis les travaux de THURET (64), BORNET (9), FLAHAULT (31), GOMONT (37), les recherches plus récentes de GUILLIERMOND (35), GEITLER (33), P. DANGEARD (22), les études précises de P. FRÉMY (32).

Il faut lire les descriptions de ces grands maîtres de l'algologie pour voir avec quel enthousiasme ils ont admiré les formes élégantes que révèle le microscope. Le lecteur trouvera dans ces ouvrages, et en particulier dans le traité d'algologie de P. DANGEARD, et le traité de cytologie de GUILLIERMOND, MANGENOT, PLANTEFOL, tout ce que l'on sait de l'organisation de ces plantes; il se rendra compte de la difficulté de ces études dont témoignent les nombreuses controverses qu'elles soulèvent.

En 1906, l'obscurité la plus grande régnait encore sur ce sujet.

Désignées d'abord sous le nom de *Myxophycées*, qui veut dire algues mucilagineuses (STIZENBERGER), puis sous celui de *Phycochromophycées* (RABENHORST), ensuite groupées avec les bactéries, *Protophytes*, les algues bleues constituent maintenant le groupe inférieur de la grande famille des algues.

Elles sont unicellulaires ou pluricellulaires, les cellules étant alors disposées en files. La cellule comprend un cytoplasme pariétal avec pigments diffus : aucun plaste nettement différencié, la chlorophylle qui imprègne le protoplasme y est associée à de la phycocyanine et parfois à de la phycoérythrine.

Au centre, un noyau rudimentaire, sans membrane, et réduit à un peloton chromatique; la membrane présente une partie externe qui, le plus souvent, se gélifie, donnant alors une gaine gélatineuse autour du thalle; membrane cellulaire et gaine ont été étudiées avec précision par GOMONT (37) et LEMAIRE (42).

2. REPRODUCTION

Les auteurs s'accordent à reconnaître que les Cyanophycées n'ont pas de reproduction sexuée. Elles se multiplient végétativement par hormogonies, c'est-à-dire par fragments de trichome qui s'échappent de la gaine et sont capables de se mouvoir activement, par conidies, c'est-à-dire par cellules isolées se formant à l'intérieur d'un sporange, par endospores, exospores ou par spores durables. Ces der-

Source MNHN, Paris

CLASSIFICATION

d'après BORNET et GOMONT (précisée par P. FRÉMY)

Algues non filamenteuses ou peu filamenteuses. (Filaments confluents).	***CHROOCOCCALES.*** Pas d'organes reproducteurs différenciés. Multipl. par division.	*CHROOCOCCACEÆ.* Cellules isolées, colonies non linéaires.	.....	*Aphanotece stagnina.*
		ENTOPHYSALIDACEÆ. Colonies linéaires.	.....	*Entophysalis.*
	CHAMŒSIPHONALES. Organes de propagation différenciés, spores.	*PLEUROCAPSACEÆ.* Pluricellulaires. Multiplications végétatives, endospores.	.....	*Oncobyrsa rivularis* Kütz.
		DERMOCARPACEÆ. Unicellulaires. Sans multiplications végétatives, endospores.	.....	*Dermocarpa.*
		CHAMŒSIPHONACEÆ. Unicellulaires. Sans multiplications végétatives, exospores.	.....	*Chamæsiphon.*
Algues nettement filamenteuses. (Filam^ts indépend^ts).	***HORMOGONEALES*** Pluricellulaires. Accroissement par hormogonies. Cellules en files (trichomes).	*HOMOCYSTEÆ.* Trichomes formés d'articles semblables.	***Oscillatoriaceæ.*** Trichomes formés d'une seule série d'articles tous à peu près semblables.	*Microcoleus chtonoplastes* Thuret. *Symploca hydnoides* Kütz. *Lyngbya majuscula* Harvey. *Phormidium* Kütz. *Trichodesmium* Ehrenberg. *Oscillatoria formosa* Bory.
		ANHOMOCYSTEÆ. Trichomes formés d'articles dissemblables, présence d'hétérocystes, reproduction parfois par spores.	***Rivulariaceæ.*** Trichomes transformés en poils à une extrémité, hormogonies.	*Calothrix pulvinata* Ag. *Rivularia bullata* Poiret.
			Scytonemataceæ. Trichome engainé, peu atténué à l'extrémité, hormogonies, spores rares.	*Tolypothrix* Kütz. *Scytonema* Ag.
			Nostocaceæ Filaments simples, trichomes non atténués, hormogonies, spores.	*Anabæna* Bory. *Nostoc commune* Vaucher. *Aphanizomemon* Morren.
			Stigonemataceæ. Filaments rameux, hormogonies, spores.	*Stigonema* Ag. *Mastigocoleus* Lagerh.

Source MNHN Paris

nières sont formées de cellules végétatives dont la membrane s'est épaissie et dont le contenu s'est enrichi de substances de réserve.

3. CLASSIFICATION

Parmi les classifications proposées pour les Cyanophycées, celle qui a été adoptée dans ce travail est due à THURET, BORNET, GOMONT. Le tableau ci-joint a pour but de situer avec précision les genres et les espèces indiqués dans le développement.

4. ASPECT, HABITAT

Les Cyanophycées ont des aspects très divers : tapis, plaques, touffes ou individus isolés; leur teinte varie du bleu foncé au brun noir, et quelquefois du violet pourpre au rouge vif.

Les formes terrestres apparaissent sur le sol, sur les troncs des arbres, sur les murs humides (*Nostoc*, *Scytonema*), elles peuvent supporter le soleil, l'ombre, et des périodes de grande sécheresse grâce à une épaisse gaine gélatineuse, ou à des cellules exceptionnellement résistantes; l'algue pulvérisée, le trichome n'est pas mortifié, comme on peut le voir sur *Phormidium*.

Les formes aquatiques s'accommodent de tous les milieux et se développent à des profondeurs variées : eaux pures riches en oxygène, eaux salines, eaux saumâtres, eaux souillées, alcalines, acides. On les rencontre dans les ruisseaux au cours rapide (*Chamœsiphonales*, *Oscillatoriacées*), où elles forment, sur le fond, une croûte bosselée (*Nostoc verrucosum* Vaucher) ou des touffes de filaments flottants (*Tolypothrix distorta*, var. *penicillata*), dans les cours d'eau lents, dans les eaux stagnantes, où elles se fixent sur les plantes ou flottent à la surface, dans les lacs, où elles peuvent vivre à de grandes profondeurs (*Oscillatoria profunda* à 75 mètres de fond, dans le lac de Constance), dans la mer, où certaines constituent une zone nette sur les rochers battus des marées (Dr A. ERCEGOVIC, 28) tandis que d'autres se rencontrent à plus de 10 mètres de la surface.

Quelques espèces habitent les eaux thermales à température élevée, ou les eaux glacées des lacs de montagne. Certaines sont épiphytes et vivent à la surface d'autres algues ou dans la gaine gélatineuse, sans occasionner de dommage (*Microcoleus* Vouki Frémy, dans *Codium bursa; Oncobyrsa rivularis*, sur *Cladophora alpina*). La plus curieuse est *Cyanoderma*, qui vit dans le pelage des mammifères du groupe des Paresseux.

D'autres sont nettement parasites : les plus connues sont les

Source MNHN, Paris

Anabœna, qui vivent dans les feuilles d'*Azolla*, et les *Nostoc sphæricum*, qui se développent dans les Hépatiques.

A ce propos, il est intéressant de rapporter l'observation suivante, faite dans les feuilles de *Gunnera* :

« L'amidon disparaît partout où se trouvent les filaments de l'algue, les membranes cellulaires, qui sont en contact avec eux, cessent de présenter la réaction au chloroiodure de zinc... Le *Nostoc* vit aux dépens de son hôte, il lui enlève l'amidon et dissout sa cellulose... »

Quelques espèces perforantes se rencontrent dans les roches calcaires, qu'elles carient, contribuant ainsi à l'effritement des masses pierreuses (Dr ANTE ERCEGOVIC, 28).

III. — RÉCOLTE DU MATÉRIEL

Ces algues constituent un matériel ingrat : la recherche, en vue d'une étude anatomique, est parfois difficile, mais la récolte massive, en vue de recherches biochimiques, offre des obstacles souvent insurmontables.

Certaines espèces ont une taille par trop exiguë, d'autres n'ont qu'une vie fugitive. L'accès des régions où l'on peut les récolter est souvent malaisé (marais, champ de boue).

Une analyse chimique exige une quantité importante de substance analysable, et, par conséquent, une abondante récolte, surtout si les algues — et les Cyanophycées sont dans ce cas — renferment plus de 90 % d'eau ; on ne peut donc s'adresser qu'aux espèces dont la taille est suffisamment grande, qui se groupent en paquets, en plaques, ou qui élaborent des substances qui, gorgées d'eau, en augmentent le volume.

D'autre part, seront seules utilisables les espèces dont le nettoyage est possible.

Les espèces qu'on a pu récolter en vue du présent travail sont les suivantes :

Rivularia bullata.
Calothrix pulvinata.
Symploca hydnoides.
Scytonema tolypotrichoides.
Nostoc commune.
Aphanotece stagnina.

Source MNHN Paris

1° RÉCOLTE DE *RIVULARIA BULLATA*

En août 1932, accueillie aimablement au laboratoire maritime de Saint-Servan, j'ai commencé les récoltes sur les rochers de Saint-Malo (Fort National, Grand Bé). Les algues étaient apparues fin juillet. D'abord à peine visibles aux creux des rochers entre les tests des Balanes, elles grossissent assez vite, et l'on peut les récolter lorsque la substance mucilagineuse qu'elles contiennent est gonflée d'eau. Elles constituent de petites plaques mamelonnées vert bleu, que l'on peut arracher à condition de ne pas attendre la dessiccation; en effet, quelques heures après le départ de l'eau, l'algue se dessèche et devient une fine pellicule vert noir, très adhérente au rocher. Ces algues, situées dans la région modérément battue, où elles constituent une zone nette au-dessus de *Fucus vesiculosus L.* DE BEAUCHAMP (5), DAVY DE VIRVILLE (23), disparaissent en septembre avec les marées d'équinoxe.

Cette première récolte fut peu abondante : les échantillons étaient disséminés, difficiles à détacher et à débarrasser des débris de Balanes. Une visite faite en octobre a montré l'absence totale de rivulaires.

L'année 1933 fut meilleure, les algues plus abondantes et mieux développées rendaient le travail plus facile. Grâce à la grande complaisance de M. MANGIN, Directeur du laboratoire de Saint-Servan, qui a mis à ma disposition le canot automobile du laboratoire, j'ai pu explorer le rocher du Homet, isolé au large de Saint-Malo. Les rivulaires y recouvrent certaines roches d'un splendide tapis vert pâle.

Un travail acharné pendant de longues heures m'a permis de rapporter environ 2 kilogrammes d'algues (poids frais).

Ces récoltes furent complétées à l'île de Cézembre, d'accès plus facile.

Les rivulaires recueillies en 1935 ont servi à des vérifications (teneur en H^2O, poids sec), qui ont pu être effectuées au laboratoire de Dinard, grâce à l'hospitalité offerte par M. GRUVEL, Directeur, et M. FISCHER, Sous-Directeur.

Il semble bien que ces rivulaires subissent certaines influences qui retardent parfois leur apparition de plus de 15 jours, et qui même déterminent leur disparition dans des stations où on les avait observées en quantité l'année précédente (observations faites par M. COLIN au Croisic).

Source MNHN Paris

2° RÉCOLTE DE *CALOTHRIX PULVINATA*

Elle fut effectuée en 1932, aux îles Chausey. L'éminent algologue et spécialiste des Cyanophycées, M. P. FRÉMY, a bien voulu, non seulement me conseiller, mais me diriger et m'accompagner dans cette excursion.

Les Calothrix se trouvent en un endroit très limité, situé en avant des « Roches aux Moines », dans l'île principale. Ces roches plongent partiellement dans un champ de boue grise, épaisse, gluante.

Le cheminement désagréable et pénible ne peut se faire que lorsqu'une certaine dessiccation a rendu le sol moins glissant.

Les algues, le plus souvent émergées, apparaissent en plaques grises, qui se détachent facilement et pendent parfois le long du rocher.

Des recherches effectuées pendant plusieurs jours, sur les îlots voisins, n'ont pas révélé d'autres stations de Calothrix; par contre, j'ai pu récolter une petite quantité de *Symploca*, qui se développent au niveau de l'eau sous forme de petits paquets de mèches jaunâtres.

Aux difficultés de la récolte se sont ajoutées celles de la fixation. L'île ne possède aucune installation susceptible de faciliter le travail, et le retour à Saint-Servan devant se faire en passant par Granville, les algues sont restées deux jours sous alcool fort, mais sans subir le traitement qui garantit l'arrêt de toute transformation.

En 1933, l'excursion fut enrayée par suite du mauvais temps.

En 1934, une deuxième récolte fut effectuée au même endroit et fixée dans la même journée.

3° RÉCOLTE D'*APHANOTECE STAGNINA*

La récolte eut lieu en 1933 dans les étangs de Biville, qui se trouvaient au milieu d'une lande de sable absolument déserte, à plusieurs kilomètres de Cherbourg.

A cette époque, une partie seulement de l'étang était envahie par les herbes, et les boules vertes gélatineuses de Aphanotèces flottaient à la surface.

La récolte fut facile, sinon agréable, l'étang étant peuplé de nombreuses sangsues. Malheureusement, ces algues volumineuses (1 cm. 1/2 de diamètre, gorgées d'eau, ne contiennent qu'une proportion infiniment petite de substance analysable (0,5 %).

L'année suivante, à la suite d'une forte sécheresse, les étangs avaient disparu.

Source MNHN Paris

J'ai tenté de compléter la récolte en utilisant les Aphanotèces qui se développent dans un des bassins du Jardin des Plantes, mais l'espèce n'est pas pure : les diatomées, les oscillaires sont si nombreuses que le nettoyage devient impossible.

4° RÉCOLTE DE *SCYTONEMA TOLYPOTRICHOIDES*, *PHORMIDIUM*, *NOSTOC COMMUNE*

Les *Scytonema* furent recueillis dans les étangs de Lessay (région de Saint-Lô), grâce à l'aimable complaisance de M. FRÉMY, qui, par la suite, a bien voulu compléter la récolte.

Les *Phormidium* proviennent des serres chaudes du Jardin des Plantes. Ces algues, qui tapissent la base rugueuse et humide des murs d'un fin gazon vert bleu, m'ont été signalées et ont été recueillies par M. MANGUIN, qui voudra bien accepter ici tous mes remerciements.

La très petite quantité obtenue doit être augmentée pour qu'une analyse soit tentée.

Les *Nostoc* sont, de toutes les algues étudiées, celles dont la récolte se fait avec le plus de facilité : quelques régions privilégiées en ont en abondance.

Les échantillons utilisés dans ce travail proviennent, d'une part, des recherches effectuées dans les Vosges et les Ardennes par M. COLIN et M. DE CUGNAC (je les en remercie vivement), d'autre part de belles récoltes que j'ai faites dans la Charente et à Saint-Cergues (Jura Suisse).

Je remercie M. le Professeur H. COLIN, Membre de l'Institut, de m'avoir suggéré le sujet de ce travail. C'est dans son laboratoire que j'en ai réalisé la partie chimique.

Ma reconnaissance va à M. l'Abbé FRÉMY, Professeur à l'Institut libre de Saint-Lô, qui, avec la plus grande complaisance, a mis à ma disposition, non seulement son inappréciable savoir, mais son temps des plus précieux, et à M. le Professeur GAUDEFROY, pour les études cristallographiques qu'il a bien voulu faire pour moi.

Je salue la mémoire de M. le Professeur MANGIN, qui m'a accueillie à son laboratoire de Saint-Servan; je prie M. le Professeur GRUVEL, Directeur du Laboratoire maritime de Dinard, et M. FISCHER-PIETTE d'agréer l'expression de mes remerciements pour l'hospitalité qu'ils ont bien voulu m'offrir.

Ma gratitude va à M. le Professeur ALLORGE, Directeur du

Source MNHN Paris

Laboratoire de Cryptogamie, et à M. LAMI, Assistant au Muséum, pour le bon accueil qu'ils m'ont réservé.

Merci à M. FELDMANN pour l'aide toute spontanée qu'il m'a offerte, et aux compagnons de Laboratoire, qui ont essayé de me rendre la tâche plus facile.

Je ne saurais oublier M. le Professeur C. GRAVIER, Membre de l'Institut, qui voudra bien accepter ici l'expression de ma reconnaissance pour l'intérêt qu'il m'a toujours témoigné.

Je prie M. le Professeur R. COMBES d'agréer mes sentiments de respectueuse gratitude pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'examiner ce travail et de présider cette thèse.

Source MNHN Paris

PREMIÈRE PARTIE

ETUDE
DE
RIVULARIA BULLATA (*POIRET*) *BERKELEY*

Généralités

Le genre *Rivularia* appartient au groupe des Hormogonéales, famille des Rivulariacées; il compte sur nos côtes plusieurs espèces, que l'on peut récolter en plus ou moins grande quantité. Parmi ces espèces, une récolte de *Rivularia atra* Roth fut trop peu importante pour qu'une analyse fut tentée; seule, *Rivularia bullata* a pu fournir un matériel suffisant.

Rivularia bullata se rencontre de juillet à septembre, comme il a été dit précédemment, sur les rochers, dans la zone de balancement des marées, au niveau des Chtamales (*Chtamalus stellatus*).

Immergées, ces algues apparaissent vert clair; découvertes, mais encore humides, elles montrent leurs thalles gélatineux, globuleux, leurs masses vésiculeuses, mamelonnées, trémelloïdes, distendues parfois par le gaz qui s'accumule dans les cavités. Sèches, leur teinte vert clair s'assombrit et la masse se réduit à une petite pellicule adhérente.

THURET (64) décrit ainsi le développement du thalle de *Rivularia bullata* :

« Quand on commence à l'apercevoir aisément, il forme de petits tubercules arrondis... ces tubercules pleins deviennent creux de très bonne heure, lorsqu'ils n'ont guère que 2 millimètres de diamètre.

« Les filaments qui le composent s'étendent d'abord sans interruption du point d'attache à la périphérie. Mais bientôt, à mesure qu'ils s'accroissent et se multiplient à la circonférence, leur base se détruit, une cavité se forme et c'est ainsi que naissent ces vésicules bosselées dont le volume va sans cesse en augmentant... »

Source MNHN Paris

Les filaments qui composent le thalle sont agglutinés par une substance gélatineuse qui, en se développant, lui donne une consistance plus molle; cependant les filaments ne se séparent pas par pression.

Chaque filament est formé :

1° D'une file de cellules, le *trichome*. La cellule basale, très apparente, renflée, à membrane épaisse, à contenu incolore, constitue l'*hétérocyste*. Les cellules du filament ont des dimensions qui varient progressivement. Les cellules inférieures sont, au contraire, toujours plus longues que larges; les médianes étant beaucoup plus courtes, c'est à quelque distance du sommet que le trichome a sa plus grande épaisseur.

« C'est dans cette région que la division des cellules a le plus d'activité et que se font la coupure et la régénération du trichome, d'où résulte la ramification des filaments de la rivulaire » (THURET).

Les cellules terminales sont longues, étroites, et la dernière s'effile en un *long poil* hyalin.

2° D'une *gaine* peu apparente, qui, vers le haut du filament, se dilate parfois en entonnoir.

La reproduction se fait par cloisonnement actif des cellules : des portions de trichomes se détachent (hormogonies) et s'entourent d'une nouvelle gaine. THURET en donne la description suivante :

« Les cellules qui portent le poil grossissent et deviennent semblables aux autres, le trichome devient toruleux, ses articles se remplissent de gros granules; de distance en distance, un étranglement, un anneau transversal légèrement saillant ou une simple ligne plus foncée indiquent la place où se fera la séparation.

« La transformation marche de la périphérie vers le centre, et se continue jusqu'à ce que toute la partie supérieure des filaments avec tous leurs ramules se résolve en hormogonies.

« En même temps, la gelée se ramollit et se dissout; les hormogonies supérieures s'échappent de la gaine très délicate qui enveloppe les trichomes, les inférieures se détachent avec la portion de la gaine où elles étaient enfermées. Devenues libres, elles ont un mouvement de reptation. Après s'être fixées, elles s'entourent d'une enveloppe mucilagineuse et commencent à croître. »

Dans ce genre, les spores sont inconnues.

Les rivulaires recueillies ne sont mélangées d'aucune algue, mais un nettoyage minutieux est nécessaire pour les débarrasser des débris de tests de chtamales et de quelques épiphytes animaux.

Source MNHN Paris

CHAPITRE I

QUELQUES DONNÉES SUR LA COMPOSITION MINÉRALE

I. — TENEUR EN EAU

Les algues nettoyées avec soin et essorées dans un linge sont étalées pendant quelques heures au laboratoire dans une salle aérée située au bord de la mer. Une certaine stabilisation de poids s'établit, et on admet qu'à cet état on obtient le poids frais.

Un poids frais de 39 gr. 3 perd peu à peu de sa masse lorsqu'on soumet les algues à la dessiccation d'abord dans un dessiccateur, puis à l'étuve 110°.

Le poids se stabilise à 3 gr. 4.

La teneur en eau est donc de 92 %. Cette proportion d'eau est variable, les différentes expériences ont donné des chiffres allant de 89 à 95 %, soit de 11 à 5 % de substance sèche.

II. — ETUDE DES CENDRES

1° *Quantité de cendres.*

Une première incinération effectuée sur des algues nettoyées avec soin, mais n'ayant subi aucun lavage, a donné 48 % de cendres, dont 80 % sont représentés par des cendres solubles.

2 gr. 615 algues séchées à 110° fournissent :

0 gr. 994	cendres solubles
0 gr. 261	cendres insolubles
1 gr. 255	cendres totales

soit 48 % de l'algue sèche.

Les algues récoltées alors que la gomme qu'elles contiennent est gorgée d'eau, retiennent les sels de l'eau de mer.

Source MNHN, Paris

Un simple passage à l'eau douce suffit à abaisser la teneur en cendres à 43 % du poids de l'algue sèche.

Poids sec 110°	Cendres	Teneur pour 100 gr.
0 gr. 750	0,322	43
2 gr. 574	1,107	43
1 gr. 723	0,714	42

Dans 0 gr. 714 de ces cendres, on trouve :

0 gr. 523 cendres solubles (73 % des cendres).
0 gr. 191 cendres insolubles.

Pour éliminer la plus grande partie de ceux-ci, on soumet les algues à un lavage très rapide à l'eau douce. Il ne semble pas que ce traitement modifie la composition de l'algue : l'eau de lavage analysée ne contient que des chlorures, la proportion des cendres insolubles ne varie pas.

Les algues lavées, séchées à l'étuve à 110°, sont broyées et incinérées doucement. La faible quantité de substance sèche employée permet d'obtenir rapidement, sans dépasser le rouge sombre, des cendres pulvérulentes exemptes de carbone.

Dès que tout le charbon est brûlé, on lave les cendres à l'eau bouillante jusqu'à réaction négative avec NO^3 Ag., on filtre sur filtre sans cendre.

Ces eaux de lavage, évaporées puis calcinées doucement, donnent la masse des cendres solubles.

Le résidu insoluble dans l'eau et le filtre sont calcinés à nouveau.

2 gr. 117 d'algues séchées à 110° :

0 gr. 379 cendres solubles, soit 61 % du poids des cendres.
0 gr. 242 cendres insolubles.

0 gr. 621 soit 30 % du poids de l'algue séchée à 110°.

Le traitement à l'eau douce a débarrassé l'algue d'une partie des chlorures qui étaient déposés à la surface ou imprégnaient la gomme (1).

(1) Ce traitement, utilisé pour une petite quantité, ne peut être employé pour une récolte abondante, dont on doit étudier les glucides.

Le lavage est long; les récoltes s'effectuant au mois d'août, ne peuvent être maintenues que difficilement à une assez basse température, qui évite toute fermentation. La fixation à l'alcool doit se faire aussi vite que possible, il en résulte que les algues utilisées contenaient force chlorures.

Source MNHN, Paris

La teneur en cendres insolubles, dans 100 gr. d'algues séchées à 110°, ne varie pas.

Algues à 110°	Cendres insolubles	Teneur %
2,615	0,261	10
1,723	0,191	11
2,117	0,242	11,3

2° *Alcalinité des cendres.*

On dose l'alcalinité soluble sur l'eau de lavage des cendres obtenues par incinération modérée, puis par incinération au rouge franc.

Pour 0 gr. 621 de cendres (le virage étant effectué en présence de méthylorange), l'alcalinité soluble correspond à :

$$0\ cm^3\ 73\ de\ SO^4H^2\ \frac{N}{10}$$

L'alcalinité insoluble dans l'eau est obtenue en traitant le résidu de cendres, après séparation de la partie soluble, par 30 cm^3 SO^4H^2 $\frac{N}{10}$ et en dosant par NaOH l'acide non neutralisé.

Cette alcalinité (virage au méthylorange) correspond à :

$$29\ cm^3\ 18\ SO^4H^2\ \frac{N}{10}$$

Ces deux dosages permettent d'établir une relation entre les bases solubles et insolubles.

L'alcalinité soluble correspond à KOH et NaOH libres ou carbonatées (le liquide ne donnant pas la réaction des phosphates).

L'alcalinité insoluble indique la présence de chaux et de magnésie sous forme de carbonates et de phosphates.

La forte proportion de carbonate de calcium peut s'expliquer par la curieuse propriété que possèdent les rivulaires de fixer ce corps. On sait d'ailleurs que certaines rivulaires d'eau douce (*Rivularia hœmatites* Ag.) en contiennent de très grandes proportions, qui leur donnent une consistance pierreuse.

III. — TENEUR EN AZOTE

4 gr. 9 de rivulaires séchées à 110° sont traités par SO^4H^2 suivant la méthode de Kjeldahl.

On a obtenu les résultats suivants :

2,42 % en azote, ou 15 % calculés en protides.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE II

EXTRAITS ALCOOLIQUES : GLUCIDES

I. — FIXATION

Les rivulaires, nettoyées avec soin, sont jetées dans l'alcool absolu bouillant; l'ébullition est maintenue quinze minutes. Ce traitement, effectué aussitôt que possible après la récolte, a pour but d'arrêter toute action diastasique et de dissoudre partiellement un certain nombre de substances, en particulier les glucides.

II. — PROPRIÉTÉS DU LIQUIDE

La filtration, faite à chaud sur Buchner, sépare les thalles du liquide alcoolique, opération parfois laborieuse, car l'alcool dilué par l'eau contenue dans les algues ne titre que 65° et entraîne de la gomme (1).

Le liquide d'un vert très intense contient une forte proportion de Nacl, qui se dépose partiellement, après quelques jours, sur les parois du ballon.

On évapore l'alcool sous pression réduite, les pigments se déposent en partie, et il reste un liquide épais à forte odeur de marée.

Le liquide obtenu est neutre, l'alcool fort y coagule de fins filaments de gomme, qui, peu à peu, se rassemblent à la surface du liquide.

Le sous-acétate de plomb, l'acide phosphotungstique, les sels des métaux lourds déterminent une abondante précipitation. L'azotate d'argent, le chlorure de baryum donnent des précipités qui indiquent la présence de chlorures et de sulfates. Les sels de magnésium contenus dans ce liquide permettent l'obtention du phosphate ammoniaco-magnésien.

(1) On adopte le nom de « gomme » pour désigner la matière visqueuse de l'algue.

Source MNHN Paris

L'étude précise de ce liquide ne peut se faire qu'après défécation, mais la présence de chlorures complique l'opération, en effet :

— Avec le sous-acétate de plomb, il se forme du chlorure de plomb, qui précipite et recule ainsi le terme de la défécation; le liquide se surcharge en acétates très gênants pour les hydrolyses et les cristallisations ultérieures.

— Avec l'acide phosphotungstique, une certaine quantité d'acide chlorhydrique est libérée (1).

La neutralisation à la baryte entraîne la formation de chlorure de baryum soluble.

On a essayé de diminuer la proportion de chlorures par le procédé suivant : on met à sec, sous pression réduite, la solution aqueuse; on laisse plusieurs jours sous alcool 95°; l'opération répétée plusieurs fois enlève une certaine quantité de chlorures, qui cristallisent, mais l'alcool n'a dissous que peu de substances organiques.

L'alcool évaporé, on reprend par l'eau et on défèque à l'acide phosphotungstique, jusqu'à ce qu'il ne se produise plus aucun précipité.

Le liquide est neutralisé à la baryte, l'excès de réactif est chassé par un courant de CO^2.

La solution claire, légèrement ambrée, est dextrogyre.

En rapportant la déviation polarimétrique à une liqueur L, dont le volume en centimètres cubes est exprimé par le même nombre que le poids en grammes des algues traitées, on a :

$$\alpha = +0^{\circ}10' \qquad \alpha = +0^{\circ}16' \qquad (\lambda = 5890 \quad l = 2)$$

La défécation ayant été effectuée à fond, on a éliminé les corps à grosse molécule (substances albuminoïdes, gommes).

La déviation, ou résultante de déviations, a pu être produite par :

— des polyols;
— des glucides simples;
— des glucosides;
— des glucides hydrolysables.

(1) Acide phosphotungstique pur (P^2O^5, 12 TuO^3, 4 H^2O). 10 gr.
SO^4H^2 pur . . . . . 5 gr.
H^2O. . . . . q.s. pour 10 cm^3

Source MNHN, Paris

III. — RECHERCHE DES SUBSTANCES CONTENUES DANS LES EXTRAITS ALCOOLIQUES

A. *LIPIDES.* — Le liquide aqueux provenant de la fixation alcoolique est mis à sec sous pression réduite. La substance sèche est reprise plusieurs fois par l'éther bouillant. Ce solvant évaporé, on obtient un corps onctueux, très coloré en vert par les pigments, et qui se dissout rapidement dans le chloroforme; cette substance, qui semble être de nature lipidique, sera étudiée ultérieurement.

B. *POLYOLS.* — La recherche porte surtout sur le mannitol. Le liquide de fixation, mis à sec sous faible pression, est repris par l'alcool 95° bouillant. On met sous dessiccateur. Dans ces conditions, le mannitol aurait cristallisé; il n'a été obtenu aucun résultat. On utilise alors la méthode optique mise au point par BADREAU et OBATON (4-53).

Le pouvoir rotatoire lévogyre du mannitol est exalté, devient dextrogyre et tend vers un maximum, si l'on ajoute dans la solution rendue alcaline une liqueur titrée d'acide arsénieux, telle que

$$\frac{\text{Poids d'acide arsénieux}}{\text{Poids de mannitol}} \geqq 17{,}5$$

L'addition d'acide arsénieux n'a déterminé aucun changement dans la rotation primitive.

C. *SUCRES REDUCTEURS SIMPLES.* — Les dosages effectués suivant la méthode de G. BERTRAND (7) ne révèlent que peu de sucre réducteur; ces dosages ont été faits avant et après défécation: 280 cm³ de liquide d'extraction alcoolique provenant de 950 gr. d'algues fraîches ont donné : 0 gr. 840 de réducteur calculé en glucose, soit 0 gr. 088 pour 100 gr. de matériel frais.

Les algues ont été récoltées sitôt découvertes par l'eau, fixées quelques heures après. Il ne semble pas qu'une fermentation ait pu se produire dans ces conditions.

L'étude du sucre réducteur ayant été faite avant tout traitement chimique, on peut supposer que cette petite quantité de sucre réducteur préexiste dans les algues vivantes.

On sait que les recherches effectuées sur les algues brunes ou rouges n'en ont révélé que de très petites quantités (P. RICARD, 56; GUEGUEN, 34; AUGIER, 2).

Floridées d'eau douce : moins de..	0,04 %	du poids frais.
Floridées marines : moins de....	0,05 %	—
Phéophycées : moins de	0,05 %	—

Source MNHN Paris

D. *GLUCOSIDES.* — Les algues, débarrassées des corps gras par ébullition dans l'éther bouillant, sont traitées par l'éther acétique. Ce solvant évaporé, on n'obtient aucun résidu. Si l'on fait agir l'émulsine sur le liquide aqueux provenant de la fixation des algues, on n'observe aucune transformation.

E. *SUCRES COMPLEXES :*

1° *Floridoside.*

Les Cyanophycées ont quelques convergences physiologiques avec les Floridées d'eau douce; en particulier, on rencontre en chacune d'elles un mélange des pigments : phycoérythrine et phycocyanine.

On a mis récemment (COLIN et AUGIER, 17; AUGIER, 2) en évidence le floridoside dans les algues rouges d'eau douce. Il semblait donc logique de rechercher ce sucre complexe dans les Cyanophycées, en employant les mêmes méthodes.

Les extraits aqueux provenant de la fixation alcoolique, traités par l'autolysat vieilli de levure basse, ne subissent aucune variation optique, alors que du floridoside ajouté dans le même milieu se transforme en quelques heures.

L'action hydrolysante des acides n'a d'ailleurs pas montré la présence de galactose, sucre simple, qui entre dans la composition du floridoside.

2° *Saccharose.*

Les Cyanophycées n'en contiennent pas trace : la sucrase reste sans action.

3° *Tréhalose.*

ACTION DES ACIDES

Le liquide d'extraction alcoolique, déféqué à fond, est soumis à l'hydrolyse acide.

Au bain-marie bouillant, l'action est lente, même avec 3 % en poids d'acide sulfurique. A l'autoclave à 120°, avec 2 % en poids d'acide, elle se termine en une heure et demie.

La déviation initiale positive diminue de plus des deux tiers de sa valeur, tout en restant positive, tandis que le réducteur augmente.

Source MNHN Paris

130 cm³ de liquide provenant de 900 gr. d'algues fraîches

Autoclave à 120°—2 % SO^4H^2

Temps	Déviation l = 2 ; t° = 18°	Réducteur %	$[\alpha_D]$
0	+1°50'	0,050	
30 m.	+1° 2'	0,360	
1 h.	+0°40'	—	
1 h. 30	+0°36'	0,560	
2 h.	+0°36'	0,560	53

AUTRES EXPÉRIENCES

(Autoclave à 120°—2 % SO^4H^2— l = 2)

Déviation initiale	Déviation finale	R % calc. en glucose	$[\alpha_D]$
+ 1°4'	+ 0°24'	0,375	53
+ 1°42'	+ 0°34'	0,560	50
+ 1°	+ 0°20'	0,330	50

Le liquide d'hydrolyse, neutralisé à la baryte jusqu'à PH=5, puis amené à PH=7 par le carbonate de baryum, est additionné d'acétate de phénylhydrazine.

Au bain-marie bouillant, on obtient exclusivement l'osazone en aiguilles caractéristiques du glucose, qui, purifiée, desséchée, fond au bloc Maquenne à 230°.

On peut, d'après ces expériences, supposer la présence du tréhalose dans les extraits alcooliques des rivulaires.

ACTION DES DIASTASES

On soumet le liquide dextrogyre à l'action de la poudre de *Mucor* : la transformation commence, progresse très lentement. En deux mois, la déviation passe de +0°35' à +0°18' (l=2), et le réducteur de 0 à 0,250 %, le pouvoir rotatoire final est de +60°.

Avec la poudre d'*Aspergillus niger*, l'action est plus rapide.

La déviation diminue de α=+1°28' à 0°56' (l=2) en trois semaines, et le réducteur augmente de 0 à 0,800; le pouvoir rotatoire obtenu en fonction du réducteur et de la déviation est de :

$$[\alpha_D] = +58°.$$

Source MNHN Paris

IV. — PRÉPARATION DU PRINCIPE SUCRÉ A L'ÉTAT PUR

Malgré la faible proportion du principe sucré, il n'atteint guère que 1 % du poids frais, la cristallisation a été tentée.

La solution sucrée, déféquée à fond, est évaporée sous pression très réduite. On reprend par l'alcool 90° bouillant, et on filtre; ce procédé isole des impuretés une petite quantité de sels, mais la plus grande partie des chlorures de sodium et de magnésium passe avec le principe sucré dans l'alcool.

L'alcool évaporé, le sirop est repris par l'eau et soumis à l'action de la zéolithe argentique.

La zéolithe synthétique du commerce (1) est un silicate complexe peu soluble dans l'eau.

Un atome de métal de sa molécule peut se substituer à l'ion métallique d'une solution, et inversement.

Ces zéolithes, utilisées pour la décalcification des eaux, ont été d'un grand secours pour débarrasser les milieux sucrés de leurs chlorures.

On traite la zéolithe du commerce (silicate d'Al, Na, Ca) par une solution à 5/100es d'azotate d'argent; on obtient de la zéolithe argentique, que l'on introduit dans la solution sucrée; on assure un mélange très intime des produits en agitant.

Il se forme un précipité insoluble de chlorure d'argent, et la zéolithe argentique redevient sodique. L'opération répétée jusqu'à disparition des chlorures, on filtre sur Buchner.

Un courant de H^2S est parfois nécessaire lorsque le liquide présente un louche dû au chlorure d'argent colloïdal.

Le liquide sucré est concentré sous vide à l'état de sirop épais; on reprend par l'alcool 90° bouillant, et on abandonne à la cristallisation.

On a obtenu, après plusieurs jours, des cristaux que M. le Professeur GAUDEFROY a bien voulu étudier [H. COLIN et J. PAYEN, 18].

Prismes orthorhombiques à biréfringence faible et positive : ces cristaux, de taille assez grande pour qu'on ait pu mesurer l'angle des faces, présentent tous les caractères cristallographiques du tréhalose.

(1) G. AUSTERWEIL, Ch. JEANPROST : *Bull. Chim. et Distill.*, p. 206 (1932). Maison Zerhyd (Paris).

Source MNHN Paris

Ils en ont d'ailleurs les propriétés physiques et chimiques : la saveur sucrée se rapprochant de celle du saccharose, l'insolubilité dans l'alcool absolu, la fusion rapide dans l'eau, la liqueur donnant alors une forte déviation positive.

CONCLUSION

Il résulte de cette étude que les Cyanophycées contiennent un principe dextrogyre à fort pouvoir rotatoire spécifique, et non réducteur.

Ce corps, soluble dans l'alcool à 90°, résiste aux extraits vieillis de levures, mais se laisse très lentement attaquer par certaines poudres fermentaires, telle que celle d'*Aspergillus niger*.

Soumis à l'action des acides, il s'hydrolyse et donne exclusivement du glucose.

Ce corps, identifié au tréhalose par ses propriétés et sa forme cristalline, n'a encore été signalé, dans les algues, que dans le groupe des Bangiales (COLIN et AUGIER, 17).

Commun chez les Champignons, ce sucre n'a été mis en évidence, chez les plantes vertes, que dans quelques espèces de Sélaginelles et dans certaines phanérogames parasitées.

On a souvent tenté de rapprocher Bangiales et Cyanophycées, malgré leurs différences cytologiques; elles ont un constituant chimique commun : le tréhalose.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE III

EXTRAITS AQUEUX

GOMME DE RIVULARIA BULLATA

Les rivulaires traitées par l'alcool 80°-90° bouillant, et ne contenant plus de glucides solubles dans ce liquide, sont soumises au traitement aqueux.

1° *Eau froide :* On fait macérer l'algue dans de l'eau froide sous toluène : une très faible quantité de gomme se solubilise après un temps trop long pour que l'opération soit continuée utilement.

2° *Eau bouillante :* La gomme diffuse peu à peu, mais il faut de nombreuses extractions (10 litres d'eau pour 1 kg. d'algues fraîches) pour extraire la plus grande partie de la gomme. Après chaque opération, on exprime le thalle par une énergique pression.

I. — PROPRIÉTÉS DU LIQUIDE

L'extrait recueilli est épais, visqueux et de couleur verdâtre. Dilué dans de fortes proportions, il se laisse filtrer sur linge, puis sur papier.

a) *Il est dextrogyre.* Les déviations sont très faibles, étant donné la dilution des liqueurs; les lectures sont rendues difficiles par l'opalescence de la solution.

Plusieurs mesures ont été effectuées sur des milieux de différentes concentrations :

$$\alpha = +0°6' \qquad \alpha = +0°8' \qquad \alpha = +0°30'$$

Le pouvoir rotatoire spécifique rapporté au poids sec (110°) de gomme dans 100 cm³ de la solution est au voisinage de $+80°$.

b) *Le liquide est neutre.*

Source MNHN Paris

c) *Il n'a aucun pouvoir réducteur.*

d) *Il précipite* par l'acétate basique de plomb, l'acide phosphotungstique, par les sels de cuivre.

En milieu dilué, la baryte détermine une abondante floculation; en milieu concentré, tout le liquide se prend en masse.

e) *L'alcool coagule la gomme* en fins filaments, qui, peu à peu, se rassemblent à la partie supérieure du liquide. La coagulation commence quand le titre alcoolique est à 60°, et elle s'accélère au fur et à mesure que le titre s'élève.

La gomme, très concentrée, versée dans de l'alcool absolu, se prend en une masse fibreuse, blanche, très épaisse.

f) *La solution aqueuse de gomme*, évaporée à 60°, donne : en couche mince, de fines pellicules brunes, transparentes; en couche épaisse, une masse dure, difficile à broyer et qui ne se redissout que très difficilement dans l'eau.

g) *Le liquide d'extraction aqueuse* ne contient pas trace de matière amylacée.

II. — ETUDE DES CENDRES

1. *Quantité de cendres.*

Les propriétés du liquide d'extraction aqueuse sont celles de la gomme qui y est contenue. Cette gomme, séchée à 110°, contient une forte proportion de sels :

0 gr. 841 de gomme à 110°
donnent 0 gr. 134 de cendres, soit 16 %.

Ces cendres contiennent 25 % de leur poids de sels solubles dans l'eau.

0,032 cendres solubles.
0,102 cendres insolubles.

0,134 cendres totales.

2. *Alcalinité des cendres.*

Pour 0 gr. 134 de cendres :

— l'alcalinité soluble équivaut à 2 cm³ 8 d'acide sulfurique $\frac{N}{10}$
— l'alcalinité insoluble à 13 cm³ 3 SO^4H^2 $\frac{N}{10}$.

Source MNHN Paris

Pour un gramme de gomme, le rapport de l'alcalinité soluble à l'alcalinité insoluble est $\frac{20}{90}$ soit environ $\frac{1}{5}$.

Qualitativement, on trouve du sodium, du potassium, du magnésium, du calcium sous forme de chlorures, sulfates, carbonates. L'abondance de la chaux et de la magnésie explique le chiffre élevé de l'alcalinité insoluble.

Il reste un dépôt de silice.

III. — TENEUR EN AZOTE

Chauffée avec une pastille de potasse, la gomme donne un dégagement d'NH^3.

0 gr. 690 de gomme séchée à 110°, traités suivant la méthode de Kjeldahl, ont donné 16 cm³ 1 d'azote, soit 2,33 % d'azote ou 14,6 % calculés en protides.

IV. — PURIFICATION DE LA GOMME

Il est nécessaire d'abaisser, dans cette gomme, le pourcentage de matières minérales et d'azote, en utilisant des procédés qui ne modifient pas la composition chimique du produit.

La gomme liquide, mais épaisse, est enfermée par petites portions dans des sacs de collodion, que l'on suspend dans une solution HCl 0,5 %. La dialyse se fait très lentement, la gomme ne passe pas à l'extérieur, mais l'opération est interminable.

De meilleurs résultats ont été obtenus par le procédé suivant : la gomme, très diluée pour en diminuer la viscosité, est filtrée sur Buchner; placée dans de hautes éprouvettes pour faciliter la décantation ultérieure, on l'additionne de HCl jusqu'à 0,5 %. La floculation des substances albuminoïdes se fait bien; après vingt-quatre heures, on décante et on filtre à nouveau.

Le liquide est concentré sous vide à une température d'environ 40°; l'opération est longue, mais a cet avantage de ne permettre aucune action de l'acide sur la gomme. Lorsque la concentration est suffisante, on précipite par l'alcool, opération qui a pour but d'isoler des sels qui restent dans le liquide; on lave la gomme à l'alcool et on sèche sous vide.

Le produit obtenu contient encore 8 % de cendres, 0 gr. 437 de gomme à 110° fournissent 0 gr. 043 de cendres.

Source MNHN, Paris

Pour un gramme de gomme l'alcalinité soluble 7 cm³ 9 SO^4H^2 $\frac{N}{10}$ l'alcalinité insoluble 46,5 cm³ SO^4H^2 $\frac{N}{10}$

Le rapport des deux alcalinités est

Plusieurs opérations successives auraient donné un produit plus pur, mais les pertes sont considérables et la purification doit rester partielle, faute de substance.

V. — HYDROLYSE ACIDE DE LA GOMME

Les expériences suivantes ont été effectuées sur de la gomme brute, puis vérifiées sur de la gomme purifiée.

On soumet (au bain-marie bouillant) des solutions diversement concentrées de gomme, à l'action les unes de HCl, les autres de SO^4H^2.

Avec 1 % d'acide en poids, l'action est très lente; avec 2 %, l'hydrolyse se fait bien et les résultats sont identiques, quelles que soient la concentration de la gomme et la nature de l'acide.

A l'autoclave, à 120°, l'opération se termine en une heure.

Au bain-marie bouillant, on peut suivre avec plus de précision sur un produit purifié les variations :

1° Du sucre réducteur, qui augmente progressivement;

2° De la déviation, qui baisse tout en restant positive.

Dans ce cas, l'opération s'arrête après deux heures, sans être terminée; en ajoutant 2 % d'acide et en prolongeant une heure, elle ne progresse plus.

Il faut trente minutes d'autoclave pour amener l'hydrolyse à son terme.

6 gr. 1 gomme purifiee séchée a 110° dans 100 cm³ HCl 2 °/₀ en poids
Bain-marie 100°

Temps	Deviation l = 1 dm.	Reducteur °/₀	[α_D]
0	illisible	0	
1 h.	1°36'	1,575	—
1 h. 15	—1°34'	1,650	
1 h. 30	+1°32'	1,775	
1 h. 45	+1°30'	—	
2 h.	+1°24'	1,950	—66
	Autoclave 120°		
2 h. 30	—1°20'	2,27	+58

Source MNHN Paris

Les gommes étudiées proviennent de diverses récoltes de rivulaires; elles sont constituées par un mélange des extractions successives opérées sur les algues.

DIVERSES HYDROLYSES EFFECTUÉES					
Produit traité	Déviation après 30m au bain-marie	Déviation après 1 h au bain-marie	Déviation finale 1 h 30 au B.-M. plus 30m autoclave	R % en glucose	$[\alpha_D]$
Gomme purifiée Action HCl 2%	–	+0°34'	+0°24'	0,350	58
— Gomme brute Action HCl 2%	+1°28'	+0°54'	+0°42'	0,580	62
— Gomme brute Action SO^4H^2 2%		+0°32'	+0°24'	0,370	56
— Gomme brute Action SO^4H^2 2%	+2° (lecture douteuse)	+1°48'	+1°30'	1,320	56

Ces gommes donnent des produits d'hydrolyse dont l'ensemble a un pouvoir spécifique oscillant entre 56° et 62°.

VI. — IDENTIFICATION DES PRODUITS D'HYDROLYSE

Le liquide d'hydrolyse, neutralisé au carbonate de baryum, est concentré. L'addition d'un volume d'alcool absolu détermine un précipité que l'on sépare sur Buchner.

L'opération étant répétée plusieurs fois, on a donc : un filtrat et un précipité.

1° *Etude du filtrat*

Le liquide obtenu après évaporation de l'alcool a un pouvoir rotatoire de +62°, donc très peu supérieur à celui de la liqueur totale.

Il donne, avec l'orcine en milieu chlorhydrique, la coloration violette des pentoses.

Avec l'acétate de phénylhydrazine à froid, il ne fournit aucune

Source MNHN Paris

hydrazone, mais au bain-marie bouillant, il donne une abondante osazone en longues aiguilles raides, groupées en balais, ayant l'aspect et le point de fusion 230° (mesuré au bloc Maquenne) de la glucosazone; en refroidissant, il se forme une osazone dans laquelle on peut reconnaître des cristaux d'arabinosazone; cette osazone, lavée à la benzine pour éliminer le réactif, reprise plusieurs fois par l'eau bouillante, a un point de fusion de 160° mesuré au tube capillaire.

Ces résultats permettent de penser que le liquide d'hydrolyse de la gomme contient :

Du *glucose* ou du *mannose* (les deux sucres donnant la même osazone).

De l'*arabinose* et peut-être une très petite quantité de galactose.

Il serait nécessaire de séparer les différents sucres et de trouver leurs proportions dans le mélange, mais l'isolement des sucres est difficile étant donné la faible quantité de substance dont on dispose : le milieu très impur doit être soumis à des opérations répétées, qui entraînent une grande partie du produit.

On tente cependant cette opération. Le filtrat, déféqué par l'acide phosphotungstique, neutralisé, passé à la zéolithe argentique pour enlever les chlorures, est mis à sec sous pression très réduite. On reprend le sirop par l'alcool 95° bouillant, une dissolution partielle s'effectue, et on obtient des liqueurs dont le pouvoir rotatoire croît progressivement avec les reprises alcooliques : 70°, 81°, 90°.

Ce dernier chiffre n'a jamais été dépassé et n'a été obtenu qu'après une perte considérable de produit; les osazones indiquent que le fractionnement n'est pas suffisant.

On a essayé d'éliminer un des composants du mélange par l'action des levures.

Le glucose est attaqué par la levure de boulangerie; l'arabinose est infermentescible. On utilise une solution contenant 1,05 % de sucre évalué en glucose, donnant une rotation positive de +1°23' (l=2).

	Rotation	Réducteur %	α_D
	+1°23'	1,05	58,5
après 48 h.	+1°	0,76	65
après 72 h.	+0°9'	0,52	86,5

Source MNHN Paris

Après soixante-douze heures, la levure a fait disparaître une certaine quantité de glucose; le pouvoir rotatoire croît : il semble donc bien que le deuxième sucre ait un pouvoir spécifique plus élevé que le glucose.

Une deuxième expérience a donné des résultats identiques :

Après 48 heures $+1°2'$ 1,375 % de réducteur $[\alpha_D]=71$.
Après 48 heures $+0°46'$ 0,900 % de réducteur $[\alpha_D]=85$.

Si l'on admet que l'on est en présence de l'arabinose, ce sucre, à ce moment, représente 35 % du réducteur restant.

La recherche des proportions des différents sucres dans le mélange constitue un problème plus abordable.

1° On utilise la propriété que possède l'arabinose de donner, par distillation avec HCl concentré, un dégagement de furfurol que l'on peut séparer à l'état de phloroglucide insoluble; par pesée et en suivant les tables de TOLLENS, on détermine la teneur en pentose.

La solution utilisée ne contient ni chlorures ni sulfates et donne une déviation de $+2°28'$ (l=2) ; elle renferme 1,9 % de réducteur calculé en glucose.

Une opération préliminaire consiste à doser, sur 20 cm³ de la liqueur, le dégagement de CO^2, afin de s'assurer que le milieu ne renferme pas d'uronates de baryum, ceux-ci étant susceptibles de fournir du furfurol.

Le liquide n'en décèle aucune trace.

20 cm³ de solution contenant 0 gr.380 de réducteur sont soumis à l'action de HCl à 12,5 % pendant cinq heures.

L'opération est arrêtée lorsque l'acétate d'aniline ne donne plus de teinte rose avec le liquide.

On ajoute alors 0 gr. 360 de phloroglucine; après douze heures, le précipité vert noir est filtré sur creuset de Gooch, lavé à l'eau, séché à l'étuve 100° et pesé.

On a 73 mmgr. 6 de précipité.

Dans les conditions de l'expérience, on admet qu'il reste en solution un poids de phloroglucine égal à 5 mmgr. 2.

On peut calculer l'arabinose correspondant par la formule :

$$A=(p+0,0052)\times 1,11$$

Ce précipité correspond à 0 gr. 087 d'arabinose dans 0 gr. 380

Source MNHN, Paris

de réducteur total, donc le mélange contient environ 23 % en poids d'arabinose pour 77 % d'un autre sucre.

Si l'on admet ces proportions, il devient difficile de penser à la présence du mannose, dont le pouvoir rotatoire spécifique de 13 ne saurait, dans la proportion de 77 %, fournir une rotation de 62 avec l'arabinose.

Le glucose, dont on a une abondante osazone, semble donc accompagner l'arabinose dans les produits d'hydrolyse.

On peut vérifier rapidement, mais d'une façon approximative, la proportion des deux sucres, en utilisant la lecture polarimétrique et le dosage du réducteur par la liqueur de Fehling.

On sait que le pouvoir rotatoire spécifique est donné par la formule :

$$[\alpha_D] = \frac{\alpha \times 100}{p \times 2}$$

$\alpha = +2°46$ $(l=2)$ { $p=1,9$ quantité de réducteur calculé en glucose dans 100 cm³ de la liqueur.

(1) $\alpha_a + \alpha_g = +2°46$ { Somme des déviations dues à chaque sucre.

(2) $r_a + r_g = 1,9$ { Somme du réducteur dû aux deux sucres, en admettant que l'arabinose réduit comme le glucose.

$[\alpha_D]$ glucose $= 52.$

$[\alpha_D]$ arabinose $= 103.$

$$52 = \frac{\alpha_g \times 100}{r_g \times 2} \qquad 103 = \frac{\alpha_a \times 100}{r_a \times 2}$$

De ces égalités, on tire :

$$r_a = 0,48$$
$$r_g = 1,42$$

ou 24 parties d'arabinose pour 71 de glucose, chiffres qui se rapprochent sensiblement de ceux trouvés par le dosage du furfurol.

En résumé : Le filtrat provenant du liquide d'hydrolyse de la gomme, après précipitation par l'alcool, contient environ :

23 % d'arabinose,
et 77 % de glucose.

2° *Etude du précipité*

Le précipité obtenu par addition d'alcool fort dans le liquide d'hydrolyse neutralisé au carbonate de baryum est collant, très adhérent aux parois des vases : lavé plusieurs fois à l'alcool, séché sous

Source MNHN, Paris

vide, il donne une poudre fine de couleur crème, qui se remet instantanément en solution dans l'eau en donnant un liquide brun foncé.

Cette solution dévie la lumière polarisée à droite et réduit, même à froid, la liqueur de Fehling.

Le pouvoir rotatoire spécifique, très faible, est au voisinage de $+15°$ (les lectures sont souvent imprécises, le liquide étant très coloré).

$\alpha = +0°30'$ $(l = 2)$ $R = 1,75\ \%$ $[\alpha_D] = +14°$

Chauffée quelques minutes au bain-marie bouillant avec un volume d'acide chlorhydrique concentré, et une petite quantité de naphtorésorcine, la solution prend une fluorescence verte : un précipité vert noir se forme, qui se dissout dans l'éther en une solution violette très intense, qui présente, examinée au spectroscope, une raie d'absorption dans la région jaune et verte

Ces diverses réactions permettent de supposer la présence de sels d'acides uroniques dans la liqueur d'hydrolyse (TOLLENS, 65).

Un dosage de CO^2 confirme la présence de ces corps, sans qu'on puisse demander à cette opération des renseignements quantitatifs (NANJI, PATON, LING, 49).

Dosage de CO^2. — 0 gr. 670 de gomme bien exempte de carbonates sont soumis à l'action de HCl à 18 % pendant six heures. Le gaz carbonique recueilli dans la potasse décarbonatée sous forme de CO^3K^2 est dosé après transformation en CO^3Ba.

On trouve une proportion de 3,5 % (les pectines en donnent théoriquement 15 % et l'algine 21 %).

Ce dosage, effectué sur 0 gr. 818 de précipité obtenu après hydrolyse, neutralisation et précipitation par l'alcool, donne 5 % de CO^2. Si l'on considère que les acides uroniques purs donnent théoriquement 23 % de CO^2, on peut en déduire que le précipité contient environ 21 % d'acides uroniques.

Ces résultats montrent que la présence des acides uroniques est certaine dans la gomme de rivulaires, que ces acides, sous forme d'uronates de baryum, précipitent par l'alcool, mais ils indiquent aussi qu'une très faible proportion seulement de ces acides est recueillie; l'hydrolyse brutale par les acides, les précipitations et filtrations déterminent des pertes énormes.

Recherche du Baryum retenu par les Acides Uroniques

0 gr. 43 de précipité, purifié par des dissolutions et précipitations successives, et séché sous vide, sont remis en solution : on décompose

Source MNHN, Paris

celle-ci par SO^4H^2. Le précipité SO^4Ba obtenu, séché, puis calciné au four à moufle, pèse 0 gr. 055.

Le précipité primitif d'uronates de baryum retient donc 7,5 % de baryum.

(Ce précipité par l'alcool donne 5 % de CO^2 et retient 7,5 Ba. L'algine donne 21 % de CO^2, ses uronates retiennent 26 % de Ba.)

VII. — RECHERCHE DE LA NATURE DES ACIDES URONIQUES

Depuis plusieurs années, d'intéressantes recherches sur les pectines, mucilages, hémicelluloses, saponines (REHORST, 55), gommes, ont mis en évidence, dans ces corps, un noyau fondamental constitué d'acides uroniques.

Les acides uroniques, qui dérivent de l'oxydation des oses et qui, lorsqu'ils sont simples, prennent le nom de glycuroniques, galacturoniques, mannuroniques, sont susceptibles de donner des produits de condensation : plusieurs molécules d'acides se combinent entre elles, laissant libres les carboxyles. Le groupement prend alors le nom d'acides polyuroniques (Exemple : acide tétragalacturonique de la pectine de betterave). (EHRLICH et F. SCHUBERT, 26).

Ces acides polyuroniques, par leurs fonctions restées libres, peuvent donner des séries de combinaisons :

a) Par union avec des sucres (hexoses, pentoses) ;

b) Par éthérification du carboxyle R-COOH (éthers-sels) ;

c) Par éthérification de la fonction alcool ou phénol (éthers-oxydes).

Ces composés, plus ou moins complexes, sont désignés sous le nom d'uronides, polyuronides.

On réserve le nom d'acide aldobionique à l'association qui comprend une molécule d'acide uronique et une molécule de sucre (gomme d'acacia, gomme arabique) (CHAMBRON, 14).

Les travaux qui se rapportent à la gomme des algues sont peu nombreux : si l'on en excepte les recherches effectuées sur la gomme des Floridées d'eau douce par J. AUGIER (2), recherches indiquant la présence des acides uroniques, la plupart des études portent sur les algues brunes, qui constituent un matériel important.

Ces acides ont été signalés par SCHMIDT et VOCKE (60), puis

Source MNHN, Paris

par P. Ricard (56) dans les algues brunes. On doit à MM. Cretcher et Nelson (19), Bird et Haas (8) la mise en évidence de l'acide mannuronique de *Laminaria saccharina*, puis à Schœffel et Link, Cretcher et Nelson (61-19) l'étude de ce même acide dans *Fucus serratus* et dans *Macrocystis pyrifera*.

Des recherches de Neuberg et Kobel (51) ont porté sur la capsule de certaines bactéries, en particulier sur le Pneumococcus III, et Netch et Freud ont mis en évidence la liaison acide glycuronique-glucose.

Tous ces travaux signalent la grande difficulté éprouvée dans l'étude de ces corps instables, fragiles, passant facilement de l'acide à la lactone.

Un seul moyen permet l'identification certaine, c'est la cristallisation de l'acide; or, elle ne peut être obtenue que si l'on part d'un matériel abondant et facile à purifier.

Ne possédant maintenant que des quantités extrêmement réduites de produit, il ne faut pas songer à obtenir une cristallisation, et, par conséquent, à identifier nettement l'acide extrait des rivulaires; mais la mise en évidence de quelques propriétés peut restreindre le champ des investigations.

1° *Recherche d'un Uronide ou d'un Acide Aldobionique*

Est-il possible, en étudiant la courbe d'hydrolyse, de déceler plusieurs phases dans la transformation et, par conséquent, d'isoler, à un moment donné, un complexe uronique ?

1° L'hydrolyse de la gomme faite au bain-marie bouillant s'arrête lorsque le pouvoir rotatoire spécifique du liquide est +66°-70°.

A ce moment, on neutralise à la baryte (la neutralisation exacte obtenue avec CO^3Ba) : la lecture et le dosage faits sur le liquide filtré fournissent un $[\alpha_D]$ de +56°. Une substance, vraisemblablement de la gomme, a été éliminée par la neutralisation. Le liquide concentré et additionné d'alcool donne un précipité ayant les mêmes caractères que celui obtenu après hydrolyse totale.

Il ne semble pas que cet arrêt dans la transformation marque une étape, mais il indique qu'une fraction de la gomme ne cède qu'à une température de 120°.

2° Si, dans l'hydrolyse pratiquée à l'autoclave, on prolonge l'action pendant une heure, on n'observe aucun changement, mais si

Source MNHN, Paris

l'on porte le pourcentage d'acide à 4 %, en une heure, on voit la rotation croître, tandis que le réducteur reste fixe.

Dans ce milieu complexe, il devient difficile de juger les transformations subies par une substance, formation et destruction de réducteur pouvant se compenser.

Il faut donc isoler le produit contenant les acides uroniques des sucres déjà formés.

Dans la recherche des composants de la gomme arabique, WIENMANN (68) a obtenu l'acide galactoglycuronique en précipitant le liquide d'hydrolyse *par l'alcool en milieu acide;* l'opération tentée sur le liquide d'hydrolyse non neutralisé de la gomme de rivulaires n'a donné qu'un précipité exclusivement minéral (aucune trace de carbone, feutrage de cristaux en baguettes qui, à l'analyse, se révèlent formés de SO^4Ca).

Cette précipitation par l'alcool en milieu acide, si elle n'isole pas un complexe uronique, fournit un moyen de débarrasser le précipité ultérieur d'uronates de baryum d'une certaine quantité de sels.

Le précipité obtenu *par l'alcool, après neutralisation,* est soumis à l'hydrolyse.

0 gr. 800 dans 80 cm³ d'eau

On ajoute SO^4H^2 avec précaution pour précipiter le baryum, on filtre et on acidifie à 5 %.

Temps	α ; l = 2	Réducteur °/, en glucose	[α_D]
0	+0°32'	0,83	
1 h.	+0°40'	—	
2 h.	+0°44'	0,83	43
3 h.	+0°42'	0,78	
4 h.	+0°26'	0,42	

Une deuxième expérience fait passer en deux heures la déviation de +0°24' à +0°32'.

Donc, on observe une variation ascendante de la déviation, tandis que le réducteur reste fixe; le liquide d'hydrolyse a les mêmes caractères que le produit primitif; neutralisé avec CO^3Ba, filtré, il précipite lentement par l'alcool; ce nouveau précipité donne une belle réaction avec la naphtorésorcine.

Faute de produit, l'expérience n'a pu être répétée, mais il ne semble pas que l'on soit en présence d'une décomposition.

Source MNHN, Paris

Les acides aldobioniques, qui ont été étudiés jusqu'à présent, exigent de quinze à vingt heures d'ébullition dans SO^4H^2 normal pour se décomposer (HEIDELBERGER et KENDALL, LINK et NEDDEN, WIENMANN, EHRLICH et REHORST, 39, 45, 68, 25).

L'hydrolyse serait ici beaucoup plus facile. Il semble plus probable que l'on soit en présence d'une transformation sous l'influence de la chaleur, passage de l'acide à la lactone dont le $[\alpha_D]$ est plus élevé.

2° *Caractères de l'Uronate de Baryum et de l'Acide Uronique*

1° Le sel de baryum obtenu à partir d'une gomme purifiée est faiblement dextrogyre.

$\alpha = +0°30'$ (l=2) R=1,75 % $[\alpha_D] = +14°$

L'acide obtenu par décomposition de ce sel par SO^4H^2 est plus fortement dextrogyre.

$\alpha = +0°22'$ (l=2) R=0,825 % $[\alpha_D] = +22°$

D'autres expériences ont donné :

Sel de baryum.	$\alpha = +0°20'$ l=2	R %=0,83	$[\alpha_D] = +19°$
Acide.....	$\alpha = +0°32'$ l=2	R %=0,83	$[\alpha_D] = +30°$ (1)

Le passage du sel de baryum à l'acide correspondant se traduit par une plus forte déviation.

Les auteurs cités ci-dessus ont donné les résultats suivants :

Glycuronate de Ba.	$[\alpha_D] = +17°$	Galacturonate de Ba.	$[\alpha_D] = +32°$
Lactone	$[\alpha_D] = +19°$		
Acide	$[\alpha_D] = +36°$	Acide	$[\alpha_D] = +69°$

Le faible pouvoir rotatoire trouvé $[\alpha_D] = +14°$; $+19°$ semble exclure les acides polygalacturoniques et polyglycuroniques.

2° La solution d'uronates, décolorée au noir, donne, avec NaOH, une coloration jaune.

3° Traités par la naphtorésorcine en milieu chlorhydrique, le sel de baryum et l'acide donnent un précipité vert noir.

(1) Les acides uroniques réduisent un peu moins la liqueur de Fehling que le glucose. D'après les recherches de HIWA [ ], 1 gr. d'acide glycuronique réduit une quantité équivalente à 0 gr. 9625 de glucose.

Source MNHN Paris

— soluble intégralement dans l'éther en une belle solution violette;

— soluble partiellement dans le chloroforme;

— insoluble dans la benzine (le benzène prend une très légère teinte bleue).

La solution éthérée, additionnée d'un volume d'alcool, vire au bleu indigo, mais la coloration redevient violette après quelques heures.

Il est difficile de comparer ces quelques réactions à celles que donnent les acides purs, afin de tenter une identification; il est probable d'ailleurs que le produit obtenu par hydrolyse de la gomme soit un mélange d'acide et de lactone en proportions variables.

En examinant les propriétés des acides mannuroniques, galacturoniques, glycuroniques, on peut émettre quelques suppositions.

a) L'ensemble des réactions indiquées ci-dessus, le pouvoir rotatoire toujours faible, mais dextrogyre, des produits préparés, semblent éloigner la possibilité de la présence d'un acide mannuronique dont les formes isomères sont l'une très négative (—50° à —20°), l'autre positive (+16°), mais n'est obtenue que sous forme de lactone $\alpha_D = +89°$.

Les mannuronates de baryum sont lévogyres et leur précipité plombique prend, chauffé au bain-marie, une coloration chamois caractéristique.

b) Les acides galacturonique et glycuronique ont des propriétés communes. Parmi les réactions effectuées, seule l'insolubilité dans la benzine du précipité obtenu avec la naphtorésorcine ferait penser à l'acide galacturonique.

La solubilité du même précipité dans le chloroforme, le pouvoir rotatoire du sel de baryum indiqueraient plutôt un acide glycuronique, hypothèse tentante qui rapprocherait les rivulaires des bactéries déjà étudiées.

Seule la cristallisation apportera la solution de ce délicat problème.

En résumé, 100 grammes de gomme séchée à 110° ont donné, à l'analyse :

Cendres	16
Protides	14,6
Acides uroniques	15
(Proportion calculée d'après le dosage de CO^2).	
Sucres réducteurs	25
(Calculés en glucose, déduction faite des A. uroniques).	
Non dosé	29

Source MNHN, Paris

VIII. — FRACTIONNEMENT DE LA GOMME

La mise en évidence des différents produits d'hydrolyse de la gomme ne permet pas d'en déduire une composition précise. Les sucres : arabinose, glucose, peuvent provenir d'une arabane, d'un glucosane ou être associés à un acide uronique pour constituer un composé plus complexe.

Les arabanes négatives de la pectine de betterave ayant été isolées par l'alcool 70° (EHRLICH et SCHUBERT) à l'ébullition, on utilise ce procédé.

1° *Traitement de l'algue par l'alcool 70°*

Des rivulaires dessucrées avec soin sont soumises à trois extractions par l'alcool 70° bouillant, on obtient une gomme verte, très enctueuse mais peu abondante.

11 gr. 75 de cette gomme séchée à 110° sont hydrolysés à 120° par 2 % d'acide sulfurique.

Illisible au début de l'opération, le liquide donne $+1°12'$ de rotation (l=1 dm.) après trente minutes.

Après 1 h. 15 m., l'opération s'arrête et le liquide a un :

$[\alpha_D]$ de $+58°$ ($\alpha = +1°10'$ (l=2) R=1 % en glucose)

Aucun changement n'est constaté en prolongeant une heure avec 3 % d'acide.

Il ne passe donc pas de produit particulier dans l'alcool à 70°; un examen de la gomme extraite par l'eau immédiatement après l'opération précédente ne montre aucune modification dans la composition.

EXTRACTION A L'ALCOOL A 70°	EXTRACTION A L'EAU
11 gr. 75 dans 500 cm³ SO^4H^2 2 %	11 gr. 75 dans 500 cm³ SO^4H^2 2 %
$\alpha = +1°10'$ l=2	$\alpha = +0°54'$ l=2
R=1 %	R=0,73 %
$[\alpha_D] = +58°$	$[\alpha_D] = +61°$

Les différences constatées : 0,73 et 1 % de réducteur; $+0°54'$ et $+1°10'$ montrent que la gomme extraite à l'alcool est plus pure, qu'elle contient moins de cendres et que, de ce fait, la proportion de produit hydrolysable est plus forte que dans la gomme extraite à l'eau.

Le précipité effectué par l'alcool, en milieu acide, à la fin de l'hydrolyse, précipité constitué par des sels, est beaucoup plus faible que celui que l'on obtient avec la gomme totale.

Source MNHN, Paris

Il y aurait là possibilité d'une purification de la gomme, si l'extraction donnait un meilleur rendement.

2° *Traitement de la gomme brute par l'alcool à 70°*

Il est possible que la diffusion de la gomme se fasse mal à partir de l'algue, surtout à la température d'ébullition de l'alcool à 70°.

On essaie le fractionnement sur la gomme brute extraite à l'eau : il passe peu de produit, et l'étude ne décèle aucune différence ; même résultat en étudiant le produit extrait par l'alcool à 60°.

L'opération produit des résultats très différents lorsqu'on l'applique à la pectine.

3° *Gommes précipitées par l'alcool*

Lorsque la gomme extraite par l'eau, concentrée en une masse visqueuse, mais encore liquide, est versée dans l'alcool fort, elle coagule en fins filaments. Après quelques jours, l'alcool a dissous une certaine quantité du produit.

L'étude faite séparément sur la gomme soluble dans l'alcool et sur celle qui a précipité montre que ces deux fractions sont identiques.

CONCLUSION

La gomme de *Rivularia bullata* contient donc des acides uroniques et des sucres simples, dans lesquels on a identifié l'arabinose et le glucose.

Elle se différencie nettement de l'algine, qui ne contient que des acides uroniques.

Elle se rapproche plutôt des pectines par les éléments : acide uronique et sucres qui la composent, mais elle s'en distingue par la façon dont les composants sont groupés.

Il ne semble pas d'ailleurs que la gomme de rivulaires contienne une arabane.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE IV

RECHERCHE DU GLYCOGÈNE. — AUTOLYSAT

Le glycogène est la seule substance dont on ait signalé la présence dans les Cyanophycées.

Les observations ont porté sur les Nostocacées et les Oscillariacées (NŒGELI, 52).

Cette hypothèse est exclusivement basée sur la coloration brun acajou que prend le glycogène en présence de l'iode.

CLAUTRIAU (15) indique que l'accumulation des granulations observées dans le protoplasme pariétal, et qui existent dans les spores, est toujours accompagnée d'un dépôt de substance brunissant par l'iode.

FISCHER, en 1905, signale un produit de l'assimilation chlorophyllienne, auquel il donne le nom d'anabénine, qui est, dit-il : « Comparable à la fécule des plantes supérieures, au paramylon des Euglénidés, et qui se compose de glycogène.»

NADSON signale, dans la zone corticale, des grains colorables en bleu par l'hématoxyline, qui seraient des grains de réserve et remplaceraient l'amidon.

ERRERA (29), étudiant *Oscillatoria formosa* Bory, dit : « Par l'iode 1 % dans IK, la couche pariétale se colore en brun plus ou moins foncé, le corps devenant jaune. Avec l'objectif à immersion homogène, on s'assure que la teinte brune n'est pas uniformément répartie dans la couche pariétale, mais que celle-ci, colorée en jaune par l'iode, renferme de petites masses irrégulières qui se sont colorées en brun.

« On a l'impression de vacuoles dans lesquelles se trouverait, à l'état amorphe, la substance colorable en brun. Cette coloration est un peu acajou, elle pâlit nettement à chaud et revient par refroidissement. Les cellules sont si petites que l'écrasement ne m'a pas donné

Source MNHN Paris

de résultats certains. Il y a tout lieu d'admettre que nous avons affaire ici à du glycogène ou à une substance très voisine... »

GUILLIERMOND déclare : « On remarque la présence de glycogène plus ou moins abondant dans la plupart des cellules. Il paraît naître dans le cytoplasma cortical, pénètre dans la zone centrale et envahit la cellule. »

*
**

On soumet alors les rivulaires fraîches à l'action de l'iode; tout le protoplasme se colore en jaune pâle, les hétérocystes prenant une coloration plus intense; l'opération répétée sur l'algue dessucrée et débarrassée de la plus grande partie de la gomme donne le même résultat.

La teinte, qui n'a jamais été brun acajou, ne subit aucune atténuation par chauffage.

Les gommes extraites par l'eau ne prennent aucune coloration par l'iode.

On tente alors l'extraction du glycogène par la potasse.

Les algues, ne fournissant plus, par extraction aqueuse, que des quantités minimes de gomme, sont séchées, broyées avec du sable et soumises plusieurs fois, pendant trente minutes, à l'action de la potasse bouillante, à la concentration de 5 %.

On obtient un liquide brun, visqueux, que l'on décante.

1° Une partie est traitée selon la méthode indiquée par AUGIER (2) : on neutralise par HCl, on défèque par l'acétate basique de plomb.

Le glycogène doit se retrouver dans le filtrat et être séparé par précipitation alcoolique.

Or, le filtrat concentré, additionné d'alcool absolu, ne donne aucun précipité, dévie très faiblement à droite, et, soumis à l'hydrolyse acide, ne subit aucun changement.

La défécation a entraîné la gomme, et le liquide restant ne contient pas de glycogène.

2° Le reste du liquide d'extraction alcaline, neutralisé, non défèqué et non précipité par l'alcool, est soumis à l'action de la pancréatine Choay. Cette diastase, très active sur le glycogène, n'effectue aucun changement, même après plusieurs semaines, sur le produit extrait des rivulaires.

Source MNHN, Paris

Si les algues ne contiennent qu'une très petite quantité de glycogène, il est possible que la défécation l'ait entraînée et que la précipitation par l'alcool ne puisse se faire.

On étudie alors les extractions alcalines successives, jusqu'à dissociation totale du thalle.

Les algues sèches, broyées, sont traitées à l'ébullition KOH 10%.

1re Extraction. — La structure des algues n'est pas modifiée; la gomme extraite, très épaisse, brune, ne donne aucune réaction à l'iode.

Hydrolysée par 2 % de SO^4H^2, elle fournit les résultats suivants :

	Temps	α l = 2	Réducteur %	$[\alpha_D]$
Bain-marie....	30 m.	+2° 2'	—	—
	1 h.	+2°	0,250	
	1 h. 30	+1° 8'	0,375	
Autoclave 120°.	2 h.	+1° 4'	0,500	106
	2 h. 30	+0°56'	0,525	88
	3 h.	+0°54'	0,575	
	3 h. 30	+0°52'	0,600	72
	4 h.	+0°50'	0,625	67

La transformation se fait lentement. Le pouvoir rotatoire final $\alpha_D = +67°$ est plus élevé que celui de la gomme extraite à l'eau.

Les produits d'hydrolyse neutralisés ne donnent pas l'osazone du glucose.

Cette même gomme précipite par l'alcool en une masse fibreuse, qui se redissout incomplètement dans l'eau. La nouvelle solution hydrolysée avec 2 % d'acide donne des résultats se rapprochant davantage des gommes déjà étudiées.

	Temps	α l = 2	Réducteur %	$[\alpha_D]$
Bain-marie 100°	60 m.	+1°16'	0,220	—
	1 h. 30	+0°52'	0,400	
	2 h.	+0°50'	0,460	
Autoclave 120°	2 h. 30	+0°48'	0,520	
	3 h.	+0°44'	0,600	60
	3 h. 30	+0°44'	0,600	

Source MNHN, Paris

2e et 3e Extractions. — Les études faites sur les deux extractions suivantes n'apportent pas de précision sur la présence du glycogène.

Les gommes extraites dans ces conditions ne prennent aucune coloration à l'iode, ne se transforment pas sous l'influence des diastases pancréatiques.

La gomme provenant de la deuxième extraction s'hydrolyse très lentement.

En trois heures, à 100°, la déviation passe de +2°32' à +0°56; elle baisse à +0°50 après trente minutes à 120°; le réducteur atteint 1,25 %, le pouvoir rotatoire :

$$[\alpha_D] = +67°$$

La gomme provenant de la troisième extraction se transforme plus vite, et ses produits d'hydrolyse ont un pouvoir rotatoire de +60°.

Après trois extractions à la potasse, gaines et cellules sont intactes; ces dernières sont de taille très exiguë; la gomme épaisse qui les entoure peut être un obstacle à la diffusion du glycogène.

On essaie de traiter l'algue même par SO^4H^2 à 2 %.

	Temps	α l = 2	Réduct. °/.	
Bain-marie 100°	30 m.	+1°32'	—	
	1 h.	+1°32'	—	
Autoclave 120°	1 h. 30	+1°	0,475	
	2 h.	+0°58'	0,575	
	2 h. 30	+0°54'	0,600	
	3 h.	+0°52'	0,625	
	3 h. 30	+0°50'	0,625	$[\alpha_D] = +67°$

Le résultat ne diffère pas des précédents.

En résumé, la potasse a permis d'extraire une nouvelle quantité de gomme plus ou moins différente de la gomme extraite à l'eau.

Quant au glycogène, si la cellule en élabore, ce doit être en quantité si minime que l'extraction en devient impossible.

AUTOLYSAT

Trois lots de chacun 100 gr. de rivulaires nettoyées et essorées ont été mis dans 450 cm³ d'eau distillée sous toluène. On cherche à

Source MNHN, Paris

mettre ainsi en évidence les propriétés hydrolysantes des cellules. L'étude de l'autolysat s'est faite après deux et trois ans.

Les algues ne sont pas dissociées; les gaines sont intactes.

On décante un liquide sirupeux, jaune, à odeur d'iodoforme; cet extrait est neutre; quelques gouttes d'acide phosphotungstique suffisent pour l'éclaircir.

Sa déviation est :

$$\alpha = +0°50' \quad (l = 1 \text{ dm.})$$

Il ne contient que :

$$R = 0{,}11 \ \%$$

quantité de réducteur calculé en glucose, très inférieure à ce qu'aurait donné le tréhalose, s'il était totalement hydrolysé.

Après trois ans, mêmes résultats :

$$\alpha = +1°6' \quad (l = 1 \text{ dm.}) \qquad R = 0{,}12 \ \%$$

Il semble bien que la plus grande partie de la gomme ait résisté à l'autolyse.

Pour savoir ce qu'est devenu le tréhalose, le liquide est déféqué à fond par l'acide phosphotungstique.

On élimine la gomme. On obtient après neutralisation et concentration une liqueur qui dévie de :

$$\alpha = +0°48' \quad (l = 2) \qquad R = 0{,}13 \ \%$$

Le pouvoir rotatoire, calculé avec ces données, est très élevé : $+300°$; il indique que la solution contient, en dehors d'une petite quantité de sucre réducteur, un corps dextrogyre non réducteur.

L'hydrolyse à l'autoclave à 120° par 2 % SO^4H^2 donne :

Temps	α l = 2	Réducteur %	α_D
0	+0°48'	0,130	
1 h.	+0°30'	0,370	
2 h.	+0°28'	0,380	60
2 h. 30	+0°28'	0,380	

Ce liquide, neutralisé à la baryte, a un pouvoir rotatoire de $+54°$, et donne l'osazone du glucose :

$$\alpha = +0°16' \quad (l = 2) \qquad R = 0{,}24 \ \% \qquad [\alpha_D] = +54°$$

Source MNHN, Paris

Il ne semble pas que les diastases des algues aient exercé une action importante sur les constituants cellulaires.

Le liquide d'autolysat ne prend aucune coloration avec l'iode; les cellules seules se colorent en jaune.

CONCLUSION

Les recherches effectuées sur *Rivularia bullata* ont montré que ces plantes élaborent un glucide hydrolysable : le *tréhalose*, et une gomme de nature complexe, qui forme la gaine du filament.

Cette gomme, sous l'action des acides, se transforme en produits réducteurs, dans lesquels on a identifié : *Acides uroniques*, *Arabinose*, *Glucose*.

Les algues ne paraissent pas contenir de glycogène, tout au moins à l'époque où l'on a opéré les récoltes.

La potasse extrait de l'algue une gomme dont la composition paraît être différente de celle de la gomme extraite par l'eau.

Les cellules de ces algues ne contiennent que peu de diastases; les autolysats, après un, deux et trois ans, n'accusent pas de sensibles transformations.

Source MNHN, Paris

DEUXIÈME PARTIE

ETUDE DE CALOTHRIX PULVINATA *Ag.*

Généralités

Le genre *Calothrix* appartient, comme le genre *Rivularia*, à la famille des Rivulariacées; il renferme de nombreuses espèces dont l'habitat est très varié. Certains *Calothrix* recouvrent les pierres, les coquilles, les fragments de verre, d'un enduit velouté allant du vert bronzé au violet pourpre (*Calothrix fusco-violacea*) ; d'autres sont épiphytes des algues de grande taille ou des zostères (*Calothrix confervicola*, *C. parasitica*).

Les uns vivent dans les eaux marines au niveau de la haute mer, les autres dans les eaux douces, certains sont subaériens.

Calothrix pulvinata Ag., espèce analysée dans ce travail, est subaérienne; elle se trouve au bord de la mer, dans les endroits vaseux, dans les estuaires, où elle reçoit les embruns et où elle peut être recouverte par l'eau en période de vive eau. Au contraire, en morte eau, elle est soumise à l'action de la pluie.

Sur les rochers vaseux ou sur les pilotis, les plaques, d'apparence gris verdâtre, mais bleues à la base, sont formées de filaments dressés, hauts d'environ 2 millimètres, qui sont réunis en petites mèches aiguës donnant ainsi à l'ensemble l'aspect d'un velours grossier.

Une étude microscopique montre que ces filaments sont simples, non agglutinés entre eux par une substance mucilagineuse. Ce sont des tubes flexueux, épais de 15 à 18 μ, colorés en jaune à la base, hyalins vers le sommet. Ils contiennent un trichome articulé vert érugineux.

Source MNHN Paris

Les hétérocystes basilaires sont très visibles ; les emboîtements successifs de la gaine sont très peu marqués.

« A des intervalles inégaux, plus rapprochés de la partie supérieure, les filaments adultes présentent des rameaux munis d'un hétérocyste basilaire.

« Tantôt ces rameaux restent accolés au filament principal presque jusqu'au sommet, tantôt ils ne sont appliqués que pendant une partie de leur trajet, tantôt enfin, surtout dans les formes dont les filaments sont peu cohérents, ils divergent presque immédiatement. » (THURET.)

Il n'existe de poil apical que sur les très jeunes filaments. « Le plus souvent, le sommet du filament se termine par quelques débris de cellule avortée, ou quelquefois par une petite cellule hémisphérique à contenu homogène. » (THURET.)

La reproduction se fait par hormogonies, comme dans le genre *Rivularia*.

Le lecteur trouvera tous les détails intéressant cette multiplication des filaments dans les notes algologiques de THURET.

Source MNHN Paris

CHAPITRE I

PRÉPARATION DES ALGUES. — DONNÉES MINÉRALES

Les algues récoltées sur les rochers de Chausey doivent être débarrassées de l'épaisse couche de boue qui les enduit.

Au cours de la première récolte, elles ont été nettoyées à l'eau de mer, placées sur un fin tamis, secouées dans l'eau, puis essorées dans un linge; elles ont été divisées en deux lots.

Une petite quantité destinée à la recherche des substances minérales a été séchée à l'ombre et transportée telle quel, le reste, placé sous alcool absolu, a été fixé au laboratoire.

Le premier lot, d'apparence propre, est soumis à l'incinération : il donne 63 % de cendres, de couleur ocracée, renfermant des paillettes de mica.

3 gr. 06 d'algues à 110° donnent 1 gr. 934 de cendres.

L'acide chlorhydrique à chaud détermine la formation d'une masse gélatineuse, indice de la présence d'une forte quantité de silice.

Il semble bien que le nettoyage effectué sur place soit insuffisant : la boue durcie entre les filaments ne cède que difficilement; d'autre part, le lavage à l'eau de mer ne paraît pas indispensable, les algues étant aussi souvent mouillées d'eau de pluie que d'eau salée.

Sur un lot d'algues séchées sans aucun lavage, on essaie le nettoyage à l'eau douce.

Pour obtenir un résultat satisfaisant, il faut amollir les algues et la boue par une macération dans l'eau. Ce traitement est long, il détermine la fragmentation des filaments, le trichome tend à sortir de la gaine et à se briser en tronçons.

L'analyse de l'eau de lavage révèle une petite quantité de réducteur.

Les algues ainsi nettoyées ont 40 % de cendres, dont 6 % de cendres solubles.

3 gr. 12 d'algues séchées à 110° donnent :

0,062 cendres solubles.
1,185 cendres insolubles.

1.247 cendres totales, soit 40 %.

Source MNHN, Paris

Mais ce traitement présente de sérieux inconvénients; il est inapplicable à de grandes quantités d'algues et aux échantillons mis sous alcool au moment de la récolte.

On a utilisé le procédé suivant pour la seconde récolte. Les algues sont transportées sous alcool.

Au laboratoire, on les lave avec l'alcool à 80° qui a servi au transport, et auquel on ajoute de l'alcool de même titre en quantité suffisante pour l'opération.

Les *Calothrix*, maintenus sur un tamis, sont totalement immergés dans l'alcool; en agitant doucement le tamis, la boue tombe peu à peu au fond d'un récipient. On recueille l'alcool, on le filtre sur Buchner, on lave la boue à l'alcool 80°, et on recommence l'opération autant de fois qu'il est nécessaire, avec le même alcool.

Ce traitement présente de grands avantages sur le lavage à l'eau. Il peut se prolonger sans amener une fermentation, le titre alcoolique étant assez élevé pour arrêter l'action des micro-organismes; les filaments résistent à ce lavage; il semble que l'alcool resserre la gaine et évite la fragmentation du trichome.

Au cas où une substance se serait solubilisée au cours de l'opération, on amène l'alcool au titre 85° et on s'en sert pour fixer la récolte.

Algues et alcool sont desséchés dans une capsule à 110°. Le pourcentage des cendres est de 39 gr. pour 100 gr. d'algues.

1° *Teneur en cendres.*

2 gr. 77 d'algues séchées à 110° donnent 1 gr. 10 de cendres, soit 39 %.

Cendres solubles. .	0 gr. 066, soit 6 % du poids des cendres.
Cendres insolubles.	1 gr. 034, dont 0 gr. 715 de silice (65 %).

2° *Alcalinité.*

L'alcalinité soluble correspond à 5 cm³ SO^4H^2 $\frac{N}{10}$ pour 1 gr. d'algues.

L'alcalinité insoluble correspond à 37 cm³ SO^4H^2 $\frac{N}{10}$ pour 1 gr. d'algues.

Le rapport de ces deux alcalinités est environ de $\frac{1}{7}$.

Source MNHN, Paris

3° *Teneur en azote.*

Le dosage effectué suivant la méthode de Kjeldahl a donné les résultats suivants :

6 gr. 7 d'algues séchées à 110° contiennent 0 gr. 104 d'azote, soit 1,5 %, ou 9,3 % en protides. Si l'on tient compte de 40 % de cendres, le pourcentage d'azote s'élève à 2,6 %.

Source MNHN Paris

CHAPITRE II

EXTRAITS ALCOOLIQUES : GLUCIDES

I. — PRÉPARATION DU LIQUIDE A ÉTUDIER

Les algues nettoyées aussi vite que possible sont fixées par une ébullition de trente minutes dans l'alcool à 90°.

Après filtration, on distille l'alcool sous vide. Le résidu est bourbeux, épais, impossible à filtrer, même sur Buchner.

Le sous-acétate de plomb, l'acide phosphotungstique y déterminent un précipité qui reste longtemps en suspension et qui éclaircit mal le liquide : le toluène à froid entraîne partiellement une substance jaune, de consistance huileuse, qui semble être l'obstacle aux filtrations et aux défécations.

Le résidu de la distillation est alors desséché prudemment sous vide; l'opération est pratiquée par petites portions, afin de la pousser aussi loin que possible sans élévation de température.

Le produit sec est repris par l'éther bouillant; on filtre une solution très épaisse, vert foncé.

L'éther évaporé, il reste une substance soluble dans le chloroforme, l'alcool, partiellement soluble dans l'eau. La liqueur ainsi obtenue est lévogyre.

$$\alpha = -0°14' \ (l = 2)$$

Elle ne subit pas l'action de l'émulsine.

Une étude plus précise permettra seule de déterminer ce corps.

La partie insoluble dans l'éther est reprise par l'eau distillée; le liquide filtre facilement et passe limpide.

On a indiqué, à propos des rivulaires, les difficultés rencontrées par l'usage des déféçants dans les solutions renfermant des chlorures.

Le procédé suivant a donné de bons résultats : la liqueur, dé-

Source MNHN Paris

barrassée des substances lipidiques, est déféquée partiellement à l'acide phosphotungstique (de 2 à 5 cm^3 dans 100 cm^3 de liquide) ; on neutralise à la baryte en vérifiant rigoureusement la disparition totale du tungstène (1) et de la baryte libre (courant de CO^2).

Au filtrat très clair, neutre, on ajoute de la zéolithe argentique; le contact est maintenu, à l'obscurité, pendant plusieurs jours. Sur une liqueur suffisamment déféquée, la zéolithe agit bien, mais lentement; une agitation continuelle du mélange faciliterait beaucoup l'action et ferait gagner du temps.

On distingue dans le flacon deux couches très nettes : au fond, la zéolithe, blanc grisâtre, et au-dessus, la couche floconneuse très blanche de chlorure d'argent.

Lorsque l'opération est terminée, c'est-à-dire lorsque le liquide surnageant ne donne plus de précipité avec NO^3 Ag., on décante, on lave la zéolithe et on fait passer dans la solution un courant de H^2S, qui précipite la petite quantité d'argent colloïdal à l'état de sulfure.

La solution concentrée sous vide défèque très bien au sous-acétate de plomb, quelques gouttes suffisent.

II. — RECHERCHE DES SUBSTANCES CONTENUES DANS LES EXTRAITS ALCOOLIQUES

Après défécation par le sous-acétate de plomb et élimination de l'excès de réactif par H^2S, on a une solution *dextrogyre* dont la rotation rapportée à 100 cm^3 de solution pour 100 grammes de plantes fraîches est de :

$$\alpha = [+0^\circ 12' \ (l=2) \ \lambda = 5980]$$

Plusieurs extractions alcooliques sont nécessaires pour enlever en totalité le principe dextrogyre :

1re extraction		$+1^\circ 4'$
2e	—	$+0^\circ 17'$
3e	—	$+0^\circ 10'$
4e	—	$+0^\circ 2'$

Deux extractions sont suffisantes lorsque les algues, au préalable broyées, sont exprimées par une énergique pression après chaque opération.

(1) A une petite quantité de la liqueur, on ajoute une parcelle de zinc et une goutte de SO^4H^2; l'hydrogène naissant donne, quand il y a du tungstène, une coloration bleue très nette.

Source MNHN, Paris

La liqueur ne contient ni polyols, ni saccharose, ni floridoside, les recherches ayant été faites selon les procédés indiqués à propos des rivulaires.

A. — *SUCRES RÉDUCTEURS SIMPLES*

Les différents dosages effectués suivant la méthode de G. BERTRAND ont donné de 0 gr. 030 à 0 gr. 060 de réducteur calculé en glucose pour 100 grammes d'algues fraîches.

Poids d'algues fraîches	Volume de la solution aqueuse	Quantité totale du sucre réducteur	Sucre réducteur pour 100 gr. d'algues
78 gr.	25 cm³	0 gr. 025	0,032
277 gr.	100 cm³	0 gr. 130	0,060
1.500 gr.	250 cm³	0 gr. 350	0,023 après défécation au S/Ac de Pb.

Ces proportions ont été calculées sur des liqueurs d'extraction n'ayant subi aucune manipulation chimique; on a pu, en effet, observer que le séjour plus ou moins prolongé, au contact de la zéolithe argentique, élevait parfois le pourcentage de réducteur jusqu'à 0,120.

Ce sucre réducteur, en solution concentrée, a donné avec la phénylhydrazine une osazone à chaud ayant tous les caractères de la glucosazone.

Soumis à l'action de HCN en présence de KCN, il disparaît en vingt-quatre heures. Les solutions utilisées contenaient : l'une 0 gr. 133, l'autre 0 gr. 150 de sucre dans 100 cm³.

En vingt-quatre heures, la rotation a baissé dans l'un et l'autre cas de 0°8', et le réducteur a totalement disparu. Dans ces conditions, on sait que KCN agit sur les sucres aldéhydiques et les fait passer à l'état d'alcool inactif.

Il est difficile de fixer l'origine de cette petite quantité de réducteur.

Il ne paraît pas qu'une fermentation ait pu se produire, ni sur place, ni au cours du transport.

Les algues sont normalement émergées; elles subissent, sur le rocher même, l'action de l'eau de pluie, de l'eau de mer, et une dessiccation assez avancée; elles sont donc très résistantes du fait de ce genre de vie; transportées sous alcool absolu, fixées dans les vingt-quatre heures, elles étaient en parfait état.

Source MNHN Paris

10 grammes d'algues séchées sur place ont été soumis, plusieurs jours après la récolte, à une ébullition prolongée dans l'alcool à 85°; on a trouvé 0 gr. 035 % de réducteur; donc, la dessiccation n'amène aucune transformation.

Des algues non fixées ont été soumises, pendant trois jours, à des alternatives d'humidification et de dessiccation; le pourcentage de réducteur est de 0,036 %.

Il semble bien que ce réducteur provienne normalement de la plante, d'ailleurs, la proportion trouvée dans les *Calothrix* se rapproche sensiblement de celle constatée dans les rivulaires, les différences observées pouvant provenir d'un poids frais calculé dans des conditions non comparables.

B. — *SUCRE HYDROLYSABLE : TRÉHALOSE*

La rotation dextrogyre observée dans les liquides d'extraction alcoolique ne vient pas de la très faible quantité de réducteur, elle subsiste lorsque ce sucre disparaît par action de HCN. On peut admettre que la liqueur contient un sucre complexe.

1° *Action des acides.*

En trente minutes, à 130°, et avec 2 % en poids d'acide sulfurique, la rotation baisse de plus de moitié. Après une heure, l'hydrolyse est finie et la rotation finale est environ le tiers de la rotation primitive. Le réducteur augmente progressivement. Le pouvoir rotatoire final est de +51°.

A 120°, l'hydrolyse se termine en une heure quinze.

Opération faite à l'autoclave à 130°			
Temps	Déviation l = 2	Réducteur %	$[\alpha_D]$
0	+0°54'	0	—
30 m.	+0°26'	0,250	—
1 h.	+0°17'	0,275	51
1 h. 30	+0°17'	0,275	—

Si l'on compare cette action à celle effectuée par 2 % d'acide sulfurique à 120° sur du tréhalose pur, on peut remarquer l'identité des deux opérations.

Source MNHN Paris

Temps	α (l = 2)	Réducteur °/o	$[\alpha_D]$
0	+5° 5'		
30 m.	+2° 8'		
1 h	+1°34'		
1 h. 30	+1°26'	1,39 %	52

Le pouvoir rotatoire initial, obtenu en supposant la transformation totale du produit en sucre réducteur (glucose), est de 163 ($[\alpha_D]$ du tréhalose anhydre +197°, hydraté +177°).

AUTRES EXPÉRIENCES

Déviation initiale	Déviation finale après 1 h. 15' à 120°	S. réducteur en glucose	$[\alpha_D]$
—	—	—	—
+0°48'	+0°16'	0,265	50
+0°34'	+0°12'	0,200	50

Le liquide d'hydrolyse, neutralisé à la baryte, est additionné d'acétate de phénylhydrazine, il donne au bain-marie bouillant, et exclusivement, l'osazone caractéristique du glucose, dont on a pris le point de fusion 230° au tube capillaire.

2° *Action des poudres fermentaires.*

La poudre de *Mucor* agit particulièrement sur le liquide sucré. Après trois mois, en milieu aseptique, le pouvoir rotatoire est au voisinage de +90°.

Temps initial...	+1°44'	(l = 2)	
— 5 jours.	+1°22'		
— 15 jours.	+1° 2'		
— 3 mois.	+1°	Réducteur % = 0,540	$[\alpha_D]$ = +91°

La poudre d'*Aspergillus niger* détermine la transformation totale d'un liquide bien exempt de baryum.

Source MNHN Paris

α (l=2)			
0.....	+1°18'	0	
24 heures.....	+0°46'	—	
48 heures.....	+0°38'	—	
8 jours.....	+0°36'	—	
15 jours.....	+0°30'	0,425	$[\alpha_D]=+58°$

Ce liquide, déféqué au sous-acétate de plomb et soumis à l'acétate de phénylhydrazine, donne l'osazone du glucose.

CONCLUSION

Les résultats précédents : présence d'un corps dextrogyre à forte rotation, ne possédant aucun pouvoir réducteur et susceptible de fournir du glucose sous l'influence des acides et de certaines poudres fermentaires, permettent de penser que les *Calothrix* renferment, comme les Rivulaires, du tréhalose.

Il a été impossible, jusqu'à présent, d'obtenir ce corps à l'état pur et de le faire cristalliser, les solutions n'en renfermant que très peu : moins de 1 %.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE III

EXTRAITS AQUEUX
COMME DE CALOTHRIX PULVINATA
RECHERCHE DU GLYCOGÈNE

Les algues ne contenant plus de glucides solubles dans l'alcool abandonnent, lorsqu'on les traite à l'eau bouillante, une substance visqueuse, brune, qui s'épaissit vite en refroidissant. La filtration ne peut s'effectuer qu'en solution très diluée, et en procédant par petites fractions sur un Buchner à courant d'eau chaude.

I. — PROPRIÉTÉS DU LIQUIDE

L'extrait filtré est *dextrogyre* ($\alpha = +0°30'$ $l = 2$), il n'est pas réducteur, il précipite par les défécants ordinaires, sous-acétate de plomb, baryte, acide phosphotungstique.

L'alcool y coagule la gomme en une volumineuse masse grise.

II. — ETUDE DES CENDRES

1° *Quantité de cendres.*

Cette gomme fournit une proportion de matières minérales atteignant 23,5 %.

1 gr. 23 de gomme séchée à 110° donnent 0 gr. 287 de cendres:

Cendres solubles . . .	0 gr. 201, soit 70 % du poids total des cendres.
Cendres insolubles. .	0 gr. 085, soit 30 % du poids total des cendres.

Source MNHN Paris

2° *Alcalinité.*

Pour 1 gr. 23 de cendres, l'alcalinité soluble correspond à 2 cm³ $SO^4H^2 \frac{N}{10}$.

Pour 1 gr. 23 de cendres, l'alcalinité insoluble correspond à 16 cm³ 8 $SO^4H^2 \frac{N}{10}$.

Le rapport des bases solubles aux bases insolubles est $\frac{1}{8}$. Dans l'algue, ce rapport était de $\frac{1}{7}$.

La gomme de *Calothrix* contient une forte proportion de sels solubles, mais qui sont surtout des sels neutres.

III. — TENEUR EN AZOTE

Le dosage effectué suivant la méthode de Kjeldahl donne les résultats suivants :

4 gr. 727 de gomme séchée à 110° contiennent 0 gr. 066 d'azote, soit 1,41 % d'azote ou 8,8 % calculés en protides.

IV. — PURIFICATION DE LA GOMME

Les procédés utilisés pour la purification de la gomme de *Rivularia* n'ont pas donné, en les appliquant à celle de *Calothrix*, des résultats satisfaisants.

La floculation des substances albuminoïdes par HCl à la concentration de 0,5 % se fait mal : après vingt-quatre heures, le dépôt est insignifiant.

On a essayé le procédé suivant : la solution visqueuse de gomme est concentrée à l'air à la température de 50°. L'opération est très lente, même lorsqu'on active l'évaporation par un jet d'air comprimé; il faut procéder par très petites fractions de liquide pour éviter l'envahissement par les micro-organismes. (L'évaporation ne peut se faire sous pression réduite, par suite de la formation d'une mousse abondante.) La gomme sèche est alors reprise par l'*alcool à 50°*, qui en dissout une fraction très importante. Le produit, après distillation de l'alcool, se dessèche et se pulvérise facilement. Il contient encore 13 % de cendres et 1,1 % d'azote (7 % en protides).

0 gr. 510 de gomme séchée à 110° donnent 0 gr. 067 de cendres:

Cendres solubles . . . 0 gr. 056, soit 83 % du poids des cendres.
Cendres insolubles . . 0 gr. 011, soit 17 % du poids des cendres.

Source MNHN Paris

La purification est très imparfaite, plusieurs opérations seraient nécessaires; la faible quantité de substance dont on dispose ne permet pas de renouveler plusieurs fois le procédé.

V. — ACTION DES ACIDES

L'étude a porté sur la gomme brute et le produit purifié.

Les résultats trouvés sont identiques, mais tandis que l'on peut suivre facilement l'hydrolyse du produit traité par l'alcool à 50°, on se heurte à des difficultés de lectures polarimétriques avec les produits bruts.

Au bain-marie bouillant, quelle que soit la proportion d'acide utilisée, de 2 à 5 %, la transformation est incomplète : après deux heures, le pouvoir rotatoire des produits d'hydrolyse, calculé en fonction de la déviation et du réducteur formé, est au voisinage de +60°.

Il faut une température de 120° pour amener l'opération à son terme; à ce moment, le pouvoir rotatoire s'abaisse vers +46°.

Gomme brute : 4 gr. 1 dans 150 cm³ - SO^4H^2 2 °/o				
	Temps	α 1 = 1	Réducteur °/o	[α_D]
Bain-marie.....	60 m.	illisible	—	—
	1 h. 30	+0°38'	0,700	85
	2 h.	+0°34'	0,810	—
	2 h. 30	+0°32'	0,883	60
Autoclave 120°.	3 h.	+0°25'	0,923	46

Gomme purifiée : SO^4H^2 2 °/o				
	Temps	α 1 = 2	Réducteur °/o	α_D]
Bain-marie.....	60 m.	illisible	—	—
	1 h. 30	+0°48'	0,450	—
	2 h.	+0°46'	0.550	—
	2 h. 30	+0°44'	0,620	60
Autoclave 120°	3 h.	+0°38'	0,650	46

D'autres hydrolyses effectuées sur la gomme purifiée ont confirmé ces résultats.

Source MNHN Paris

Voici un autre exemple :

En deux heures, au bain-marie, la déviation passe de $+1°32'$ à $+1°20'$, et le réducteur atteint la proportion de 1,1 %, d'où $|\alpha_D| = +60°$: trente minutes d'autoclave suffisent pour terminer la transformation.

$$\alpha = +1°14' \ (l=2) \qquad R\,\% = 1{,}300 \qquad [\alpha_D] = +45°$$

Il est impossible de suivre la déviation et d'effectuer un dosage, dans la première partie de l'opération, les liquides étant troubles et surtout très visqueux.

VI. — IDENTIFICATION DES PRODUITS FORMÉS

Le liquide provenant de l'hydrolyse acide est neutralisé au CO^3Ba ; après séparation du précipité de SO^4Ba et concentration sous vide, on additionne d'un volume d'alcool absolu.

1° On obtient un précipité blanc, peu abondant, qui se redissout rapidement dans l'eau froide.

La solution réduit à froid, après quelques heures, la liqueur de Fehling ; elle se colore en jaune par la soude et donne un léger précipité jaune avec la baryte.

Elle ne recolore que d'une façon très fugitive la liqueur de Fellenberg (1).

Ce réactif incolore prend une forte et immédiate coloration rouge avec l'acide galacturonique, coloration qui ne se produit que très lentement, après quelques heures, avec l'acide glycuronique.

Elle prend, lorsqu'on la traite au bain-marie bouillant par la naphtorésorcine, en milieu chlorhydrique, une belle fluorescence verte et fournit un précipité bleu noir, qui se dissout dans l'éther en une liqueur violette.

Lorsqu'on évapore la solution éthérée, on obtient un dépôt bleu indigo, qui se dissout rapidement dans le chloroforme et partiellement dans le benzène.

Ces différentes réactions permettent de supposer la présence

(1) Solution de Fellenberg :

5 gr. fuschine,
12 gr. sulfite de soude cristallisé,
100 cm³ SO^2H^2 $\frac{N}{4}$.
Eau q. s. pour 1 litre.

Source MNHN Paris

d'uronates de baryum dans le liquide d'hydrolyse, et, par conséquent, d'acides uroniques dans la gomme de *Calothrix*.

La trop faible quantité de produit obtenu ne permet pas la purification, et, par conséquent, la caractérisation de cet acide. Les réactions précédentes permettent seulement de supposer la présence de l'acide glycuronique ou mannuronique.

Un dosage de CO^2 effectué sur la gomme purifiée confirme la présence de ces acides.

0 gr. 509 de gomme, extraite à l'alcool à 50° et bien exempte de carbonates, soumis à l'action de HCl 18 % pendant sept heures, donnent 7 % de CO^2.

Une deuxième expérience effectuée sur une gomme moins purifiée a donné 5 % de CO^2.

2° Le liquide d'hydrolyse, débarrassé du précipité d'uronates, doit contenir les sucres formés; on met à sec sous pression très réduite, et le résidu est repris par l'alcool 90° bouillant.

Un dépôt brun insoluble dans l'alcool est ainsi isolé, dépôt ayant les caractères des uronates de baryum : ces derniers n'ont donc précipité que d'une façon très imparfaite.

Après décantation et distillation de l'alcool, le sirop est repris par l'eau. La solution est dextrogyre; son pouvoir rotatoire est de +45°, c'est-à-dire très voisin de la liqueur totale : traitée par l'acétate de phénylhydrazine, elle donne, à chaud, l'osazone du glucose et des cristaux en aiguilles lancéolées, que l'on peut rapprocher de ceux de la galactosazone.

La liqueur sucrée est alors oxydée par NO^3H. Pour cela, on la concentre à l'état de sirop et on traite à chaud par l'acide azotique de densité 1,12. Après obtention de vapeurs nitreuses, on chasse doucement l'excès d'acide.

Le résidu repris par l'eau laisse déposer une petite quantité de fins cristaux du système clinorhombique, qui se solubilisent dans l'ammoniaque et que l'on identifie par là à l'acide mucique.

La présence du galactose se confirmant, on peut supposer que le sucre qui l'accompagne dans une liqueur, dont le pouvoir rotatoire est +46° et qui fournit la glucosazone, est du mannose.

Les proportions des deux sucres dans cette liqueur seraient de : une partie de galactose pour quatre parties de mannose.

Source MNHN, Paris

VII. — FRACTIONNEMENT DE LA GOMME

La transformation, sous l'influence des acides, semble se faire en deux étapes :

1° En une heure, au bain-marie bouillant, il apparaît près des trois quarts du réducteur, puis l'opération progresse lentement et s'arrête quand le pouvoir rotatoire est $+60°$.

2° Trente minutes d'autoclave sont nécessaires pour obtenir la transformation totale.

On essaie d'isoler les produits formés après une heure, puis en fin d'hydrolyse au bain-marie, afin de fractionner la gomme et d'en préciser les constituants :

A. — Après une heure, la filtration et la lecture polarimétrique deviennent possibles, la viscosité ayant diminué : à ce moment, le $[\alpha_D]$ du liquide acide est $+80°$.

a) Une partie du produit est neutralisée avec la baryte et CO^3Ba. Le filtrat a un pouvoir rotatoire de $+46°$; la neutralisation s'est accompagnée d'une défécation qui a entraîné la gomme non hydrolysée; les produits formés sont identiques à ceux trouvés en fin d'hydrolyse.

b) Le reste du liquide acide est additionné d'un volume d'alcool absolu; on espère recueillir ainsi, dans le précipité, la gomme non transformée; dans le filtrat, un produit déjà modifié et ne précipitant plus par l'alcool.

Le précipité floconneux blanc se dissout dans l'eau; la solution dévie de $+0°10'$ ($l=2$), mais ne subit aucun changement quand on la traite par les acides. On ne se trouve pas en présence de gommes, mais d'impuretés ayant entraîné une petite quantité de sucre.

Le filtrat traité par 2 % SO^4H^2 donne les résultats suivants :

	Temps	α $l=2$	Reducteur %	$[\alpha_D]$
Bain-marie.....	0	$+1°$	—	
	30 m.	$+0°58'$	—	
	1 h.	$+0°58'$	—	
Autoclave 120°.	1 h. 30	$+0°54'$	1	45

résultats identiques à ceux que l'on obtient avec la gomme totale.

Source MNHN Paris

Après une heure, il ne reste plus de gomme précipitable par l'alcool — la transformation se produit graduellement.

B. — On étudie les produits formés en fin d'hydrolyse au bain-marie.

5 gr. 85 de gomme extraite par l'alcool à 50° sont d'abord laissés huit jours sous éther pour dissoudre les corps gras.

	Temps	α (l = 2)	Réducteur °/o	$[\alpha_D]$
Bain-marie.....	0	illisible	—	—
	1 h.	d°	0,750	—
	1 h. 30	+1°22'	0,850	—
	2 h.	+1°18'	0,900	—
	2 h. 30	+1°16'	0,950	—
	3 h.	+1°14'	1	+60°
	3 h. 30	+1°14'	1	

Le liquide neutralisé et très concentré

$[\alpha = +2°20'$ (l=2) R=1,8 % $[\alpha_D] = +64°]$

est additionné d'alcool absolu. Un précipité floconneux, volumineux, très adhérent aux parois des vases, est recueilli sur Buchner et lavé à l'alcool.

1) Le filtrat (alcool évaporé) a un pouvoir rotatoire de +50°.

$\alpha = +3°28'$ (l=2) R=3.4 % $[\alpha_D] = +50°$

Il ne donne aucune réaction avec la naphtorésorcine, mais une très belle osazone de galactose.

2) Le précipité, qui a entraîné les uronates déjà formés, se dissout très rapidement dans l'eau. La solution a un pouvoir rotatoire très élevé.

$\alpha = +1°46'$ (l=2) R %=0.850 % $[\alpha_D] = +103°$

Elle donne, avec la naphtorésorcine et l'éther, une réaction très intense; traitée par 2 % SO^4H^2, elle fournit les résultats suivants :

	Temps	α l = 2	Réducteur °/o	$[\alpha_D]$
	0	+1°46'	0,850	—
A 100°.....	30 m.	+1°46'	—	
A 110°.....	1 h.	+1°34'	1,4	—
A 120°.....	1 h. 30	+1°24'	1,45	48

Source MNHN Paris

On retrouve les chiffres déjà indiqués à propos de l'étude de la gomme totale; en fin d'hydrolyse au bain-marie, il reste une substance incomplètement hydrolysée, mais dont la composition n'est pas différente de celles qui ont été transformées.

CONCLUSION

Les expériences précédentes semblent indiquer que la gomme de *Calothrix* est homogène.

Elle doit être formée d'un noyau d'acides uroniques et de sucres simples, dont l'un : le galactose, a été identifié par son osazone et par l'acide mucique qu'il fournit par oxydation nitrique.

Il est probable que le mannose complète cette composition. On peut observer que la gomme de *Calothrix* présente le même type de composition que la gomme de *Rivularia*.

Cependant, cette dernière contient de l'arabinose, que l'on n'a pas trouvé dans la gomme de *Calothrix*.

VIII. — RECHERCHE DU GLYCOGÈNE

Lorsqu'on soumet les *Calothrix* à l'action de l'eau iodée, les cellules prennent une coloration jaune qui, bien que très intense, n'atteint cependant pas le brun acajou.

Afin de mettre en évidence le glycogène, s'il existe dans les cellules, les algues, dessucrées et traitées plusieurs fois par l'eau, sont soumises à l'action de la potasse bouillante, à concentration de 8 à 10 %.

1re Extraction. — On obtient une gomme brune, très visqueuse, que l'on précipite par l'alcool après neutralisation. Le précipité fibreux, mis en solution aqueuse et traité par 2 % SO^4H^2, donne un ensemble de produits dont le pouvoir rotatoire est de +50°.

	Temps	α l = 2	Réducteur %	[α]D
Bain-marie.....	1 h.	illisible	0,410	
Autoclave.....	1 h. 30	—	0,580	
	2 h.	+0°50'	0,630	
	2 h. 30	+0°44'	0,640	
	3 h.	+0°40'	0,660	+50°

Source MNHN, Paris

L'hydrolyse, quoique plus lente, semble se rapprocher de celle de la gomme déjà étudiée.

Les produits libérés sont identiques : acide uronique, glucose, galactose.

La diastase pancréatique n'a aucune action sur cette gomme : les filaments de l'algue, examinés au microscope, montrent des cellules colorables à l'iode et des gaines intactes.

2e et 3e Extractions. — Les deux extractions suivantes, étudiées séparément, ont donné des résultats identiques, aucune coloration à l'iode, aucune modification avec les diastases, l'hydrolyse acide en est plus rapide que dans l'expérience précédente : en une heure, à 120°, l'opération est finie et l'ensemble des produits a un pouvoir rotatoire de +58. 60.

Un certain nombre de gaines se sont vidées de leur contenu cellulaire, mais les filaments intacts prennent la coloration jaune de l'iode.

4e Extraction. — La dernière extraction dissocie totalement les filaments, la gomme extraite est identique aux deux précédentes; les produits d'hydrolyse [$\alpha_D = +53°$], traités par l'acétate de phénylhydrazine, donnent à chaud une belle osazone de glucose.

Rien, dans l'étude précédente, ne permet de conclure à la présence du glycogène dans les *Calothrix*.

L'abondante glucosazone obtenue ne permet pas même cette conclusion, car elle peut être fournie par le glucose ou le mannose de la gomme.

Au cours des deux dernières extractions alcalines, un certain nombre de cellules, libérées de la gaine, ont été entraînées avec la gomme; le glycogène, si toutefois il existe, aurait dû donner à l'ensemble ses caractères spécifiques. D'autre part, on peut admettre que la quantité ainsi extraite est minime, et que la gomme arrête l'action de la diastase.

On tente alors de libérer le glycogène en attaquant la gomme, qui forme la gaine des filaments.

Des recherches faites par GUKA [25], reprises par PICTET, BERNER et PETERSEN, puis appliquées aux algues rouges par GUÉGUEN, il résulte que l'acide orthophosphorique, à froid, dégrade l'amidon et le fait passer à l'état d'amidon soluble. Il est possible que cet acide détermine, dans la gomme de *Calothrix*, une modification suffisante qui permette la diffusion du glycogène.

12 grammes d'algues sèches, broyées, n'ayant jamais subi l'ac-

Source MNHN, Paris

tion de la potasse, sont mises dans 70 cm³ de PO^4H^3 d=1,71 pendant vingt-quatre heures.

La gaine intacte renferme encore les cellules colorables à l'iode.

La solution phosphorique étendue à 250 cm³ est assez claire pour être étudiée.

$\alpha = +0°12'$ (l=2) R=0,080 % $\alpha_D = +125°$

Une partie neutralisée avec CO^3Ca est additionnée de pancréatine. Après plusieurs jours, on ne constate aucune modification. Le reste du liquide concentré, mais sans adjonction d'acide, est porté à 100°.

	Temps	α l = 2	Reducteur %	[α_D]
Bain-marie 100°	30 m.	+0°40'	0,200	
	1 h.	+0°30'	0,375	
Autoclave 105°	1 h. 30	+0°28'	0,450	51
	2 h.	+0°28'	—	
Autoclave 120°.	2 h. 30	+0°26'	0,475	45

Ce liquide d'hydrolyse donne une abondante osazone de glucose.

Ces substances libérées par PO^4H^3 sont-elles différentes de celles qu'on obtient avec KOH ? Il est difficile de l'affirmer : la substance qui prend coloration avec l'iode est restée dans la cellule; on peut espérer l'obtenir maintenant par un traitement à la potasse. Il n'en est rien, le liquide alcalin, neutralisé et légèrement acidifié, ne contient pas de glycogène.

Source MNHN Paris

TROISIÈME PARTIE

ETUDE SOMMAIRE DE NOSTOC COMMUNE *VAUCHER ET OBSERVATIONS SUR DEUX CYANOPHYCÉES D'EAU DOUCE*

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS ET DONNÉES MINÉRALES

I. — DONNÉES MORPHOLOGIQUES

Parmi les différentes espèces qui composent la famille des Nostocacées, la plus connue est certainement *Nostoc commune* Vauch.

Après une période humide, on voit apparaître ces algues sur les sentiers, entre les herbes, sur le gravier du bas côté des routes; elles semblent s'accommoder de terrains assez divers : schistes des Ardennes, grès des Vosges, mais se développent cependant de préférence sur sol calcaire (Jura, falaises crayeuses au voisinage de la mer).

Jeune, *Nostoc commune* forme sur la terre des grains microscopiques. En plein épanouissement, il devient globuleux, ovoïde, quelquefois linguiforme; son thalle muqueux, gélatineux, prend un aspect foliacé, il s'étale en membranes contournées, plissées, creusées, de consistance pulpeuse, mais souvent coriace; sa couleur vert olivâtre devient brune et même jaune sur le pourtour En se desséchant, le thalle se recroqueville, et bientôt la petite masse brune n'est plus guère visible.

Ce thalle est formé de filaments simples, contournés, enchevêtrés;

Source MNHN Paris

les trichomes, épais de 5 à 6 μ, ne se différencient pas en base et sommet et contiennent des hétérocystes intercalaires : ceux-ci sont d'abord de la grosseur des cellules ordinaires, puis ils grossissent et dépassent de 1 à 2 μ la largeur du trichome.

« Quand un hétérocyste est depuis longtemps formé, il s'en produit de nouveaux de chaque côté de lui, soit immédiatement, soit avec interposition d'un article ordinaire. On trouve par conséquent, dans la plupart des Nostocs, des séries de trois à sept hétérocystes. » (THURET.)

Les cellules, décrites par GUILLIERMOND (35), sont constituées par une couche pariétale de cytoplasme contenant le pigment bleu, et par un corps central occupé par un réseau chromatique, sorte de réticulum très resserré à aspect nucléiforme. Des grains de sécrétion, qui naissent au niveau du noyau, constituent des substances de réserve.

« Lorsque la cellule se divise, le corps central s'allonge, s'étrangle au milieu, prend la forme d'un haltère et se coupe en deux masses chromatiques au moment où les rudiments latéraux de la cloison transversale se soudent. » (GUILLIERMOND.) (1).

La reproduction se fait par hormogonies et par spores, mais on admet que ces spores sont des éléments qui représentent en réalité des kystes ou organes de conservation : ce sont des cellules différenciées, entourées d'une membrane épaisse.

Les cellules produisent une gaine mucilagineuse plus ou moins nettement limitée au dehors.

« Souvent, son contour est tout à fait indistinct dans une portion de la fronde, tandis qu'il est marqué, principalement vers la périphérie de la fronde, par un bord tranché et une coloration différente..., les diverses couches qui composent la gaine ne sont pas toujours semblables, les unes sont fermes et colorées, les autres sont molles et indistinctes, quelquefois les nouvelles couches (avec le trichome) sont contournées à l'intérieur des couches anciennes. Souvent la gaine est cylindrique, égale, lisse; dans d'autres cas, elle est toruleuse, c'est-à-dire qu'elle présente une série d'étranglements réguliers de la longueur des articles. » (THURET.)

Si l'on soumet les Nostocs à l'action de l'eau iodée, les cellules prennent une teinte jaune vif, les gaines restent invisibles. Après l'essai du réactif iodé, si on ajoute une goutte d'acide sulfurique concentré, les gaines apparaissent boursouflées, serties d'un trait bleu verdâtre, tandis que la teinte s'estompe de la périphérie vers le centre du fila-

(1) L'étude du Professeur GUILLIERMOND a porté sur le *Nostoc muscorum*, espèce voisine du *Nostoc commune*.

Source MNHN, Paris

ment; dans l'axe même, la file des cellules apparaît colorée en jaune orangé.

L'acide utilisé seul fait d'ailleurs apparaître la gaine, mais avec moins de netteté.

Cette coloration bleutée, prise exclusivement par la partie externe de la gaine, a été observée par GOMONT et LEMAIRE (37-42). Cet auteur pense d'ailleurs qu'elle n'est pas due à de la cellulose.

« Si on place des coupes du thalle pendant un jour dans une solution alcoolique de KOH caustique, que l'on remplace ensuite par de l'alcool, puis par de l'eau distillée, la zone externe se décolore et le bleuissement par le chloroiodure de zinc n'a pas lieu. La cellulose traitée de cette façon n'aurait pas été modifiée et aurait pris la coloration bleue. »

II. — DONNÉES MINÉRALES

1° *Teneur en eau.*

Les Nostocs, récoltés le plus souvent après une journée pluvieuse, ou dans un endroit très humide, sont gorgés d'eau; le thalle emprisonne des débris de toutes sortes (pierres, brindilles de bois, de paille, akènes...). Sitôt la récolte effectuée, un nettoyage minutieux s'impose; les algues sont ensuite essorées sur un linge spongieux, puis sur papier filtre.

20 grammes d'algues, prises à cet état, sont étalés dans une pièce très aérée; après quelques heures, le thalle se dessèche et devient friable; après douze heures, le poids est de 1 gr. 8; à l'étuve 110, il se stabilise à 1 gr. 3.

Les Nostocs, d'après cette expérience, contiennent 92 % d'eau.

2° *Teneur en cendres.*

La recherche des matières minérales s'est effectuée sur des algues de provenances diverses.

On a trouvé de 15 à 20 % de cendres, suivant les échantillons étudiés.

0 gr. 940, poids sec, 110°, donnent 0 gr. 137 de cendres, soit 14,5 %.
0 gr. 710, poids sec, 110°, donnent 0 gr. 100 de cendres, soit 15 %.

3° *Alcalinité.*

Pour 0 gr. 710 d'algues sèches, l'alcalinité soluble dans l'eau correspond à 1 cm³ de $SO^4H^2 \frac{N}{10}$ (virage à l'hélianthine).

Source MNHN Paris

L'alcalinité insoluble (bases solubles dans l'acide étendu) correspond à 5 cm³ 1

Le rapport de l'alcalinité soluble à l'alcalinité insoluble est égal à $\frac{1}{5}$

4° *Teneur en azote.*

1 gr. 468 d'algues séchées à 110° sont traités par la méthode de Kjeldahl; on a obtenu 0 gr. 041 d'azote, soit 2,8 % en azote ou 17,3 % calculés en protides.

Source MNHN Paris

CHAPITRE II

EXTRAITS ALCOOLIQUES. — GLUCIDES

Les algues utilisées ont été récoltées en des régions très différentes et à des époques variant de mai à octobre.

I. — LIQUIDES DE FIXATION (1er Extrait alcoolique)

A) Propriétés générales

Les algues ont été fixées à l'alcool fort, selon la technique habituelle.

Quelles que soient la provenance et l'époque des récoltes, les liquides alcooliques de fixation, séparés des algues par filtration sur Buchner, ont un certain nombre de caractères communs.

— Ils sont de couleur jaune, de consistance sirupeuse;

— Ils sont neutres;

— Après distillation de l'alcool, ils laissent un résidu trouble, épais, très coloré, qui ne se clarifie pas par filtration sur papier ordinaire. Il faut utiliser une couche d'amiante pour obtenir une liqueur limpide : le filtre retient alors une substance orangée, cireuse, que l'on peut dissoudre dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, la benzine (partiellement). Le filtrat défèque mal par le sous-acétate de plomb, il faut employer l'acide phosphotungstique pour clarifier le liquide.

Le sucre réducteur n'atteint, dans ces liqueurs, qu'une très faible proportion : de 0,07 à 0,1 pour 100 gr. de poids sec.

Les recherches effectuées par la méthode de Bertrand et par la méthode photoélectrique ont donné les mêmes résultats.

La sucrase ne détermine aucune transformation : les extraits ne contiennent pas de saccharose.

Source MNHN, Paris

Les résidus de la distillation alcoolique, n'ayant subi aucune autre opération qu'une filtration, présentent, entre eux, une importante différence.

Les uns L_1 sont lévogyres $\alpha = -1°20'$.

Les autres L_2 sont dextrogyres $\alpha = +0°28'$

Les déviations, lues au tube de 2 décimètres, sont rapportées à 100 gr. de poids frais dans 20 cm³ de liquide.

B) Etude d'une liqueur Lévogyre L_1

Les algues utilisées ont été récoltées de mai à fin juin (Charente, Loire-Inférieure, Ardennes).

Le liquide L_1 est déféqué à fond par l'acide phosphotungstique : cette opération a pour but d'éliminer les corps à grosses molécules (gommes, substances albuminoïdes).

La déviation négative subsiste : on a donc un corps lévogyre, soluble dans l'alcool, dans l'eau, et non réducteur.

1. *Action des acides.*

Au bain-marie bouillant, l'hydrolyse par 1 % en poids d'acide sulfurique s'arrête après deux heures. Il est nécessaire de chauffer trente minutes à 120° pour mener la transformation à son terme. En deux heures et demie, la déviation croît progressivement et le pouvoir rotatoire se fixe à + 67°.

2.000 gr. algues dans 135 cm³				
	Temps	α l = 2	Réducteur %	$[\alpha_D]$
Bain-marie. . .	0	—0°12'	—	—
	30 m.	+0° 2'	—	—
	1 h.	—0° 8'	0,075	
	2 h.	+0°12'	0,112	
Autoclave.	2 h. 30	+0°14'	0,170	67

Une deuxième expérience faite à l'autoclave à 120° (SO^4H^2 2 %) a donné en une heure les résultats suivants :

La déviation passe de $\alpha = -0°40'$ (l = 1) à $\alpha + 0°20'$.

Le réducteur atteint 0,5 % : le pouvoir rotatoire = + 66°.

Les solutions acides neutralisées et traitées par l'acétate de phé-

Source MNHN Paris

nylhydrazine ont donné une osazone en aiguilles plates, qui présente l'aspect de la galactosazone.

2. *Fractionnement de L_1 : Purification du produit lévogyre.*

Le liquide primitif L_1, non déféqué, est mis à sec sous vide très poussé, afin qu'aucune élévation de température ne modifie la substance : on obtient ainsi un résidu sec R_1.

α) *Extrait par l'alcool à 95° froid*

Le résidu R_1 est recouvert d'alcool à 95° froid et laissé pendant quinze jours : une dissolution partielle se produit. Après décantation et distillation de l'alcool, le nouveau résidu repris par l'eau donne une liqueur claire dont la déviation est de :

$$\alpha = -2°40' \ (l=2)$$

(rotation fournie par 2.000 gr. d'algues dans 45 cm³ d'eau)

La solution diluée à 240 cm³ est hydrolysée par 1 % d'acide SO^4H^2.

La déviation croît, devient positive, le réducteur augmente progressivement, le pouvoir rotatoire atteint +75°.

	Temps	α l = 1	Réducteur %	[%]
Bain-marie 100°.	0	—0°30'	—	—
	15 m.	—0° 8'	—	—
	45 m.	+0° 8'	0,4	—
	1 h. 15	+0°16'	0,425	—
	1 h. 45	+0°18'	—	
Autoclave.....	2 h. 15	+0°22'	0,480	75

β) *Extrait par l'alcool à 95° bouillant*

Ce qui reste du résidu R_1, après l'extraction précédente, est repris par l'alcool à 95° bouillant; l'opération entraîne une nouvelle quantité de substance lévogyre, mais accompagnée de corps gras qui gênent les filtrations.

Après l'évaporation de l'alcool, le nouveau résidu, soluble dans l'eau, donne une solution dont la déviation est de :

$$\alpha = -2°4' \ (l=2) \ (2.000 \text{ gr. d'algues dans } 45 \text{ cm}^3)$$

Source MNHN, Paris

Hydrolysée par 2 % d'acide sulfurique, elle fournit les mêmes résultats que ci-dessus.

En une heure quinze, à 120°, la déviation passe de $\alpha = -1°30'$ à $+1°18'$; le réducteur % croît de 0,1 à 1,7.

Le pouvoir rotatoire est $= +78°$.

Ce qui ne s'est solubilisé ni dans l'alcool froid, ni dans l'alcool bouillant, repris par l'eau et déféqué, donne même en liqueur très concentrée (12 cm³) une déviation nulle.

La substance lévogyre contenue dans le liquide de fixation n'est pas précipitée par les défécants; elle se solubilise facilement dans l'alcool très fort, même à froid, et se transforme sous l'action des acides dilués en produits dextrogyres, dont le pouvoir rotatoire est de $+78°$.

La proportion de ce corps, dans 100 gr. d'algues, n'atteint pas 0,5 %, si l'on en juge par le réducteur formé; il devient difficile de l'extraire, de le purifier, et si possible de le faire cristalliser, afin d'en préciser la nature. Il faut attendre de très abondantes récoltes pour mener à bien ces opérations.

3. *Action des diastases.*

L'essai de différentes diastases n'a fourni aucun renseignement.

La galactosidase très active, provenant d'un autolysat aseptique de levure de brasserie de plus d'un an, reste sans action, alors que le témoin de floridoside passe de $+5°$ à $+2°30'$ en quelques jours.

L'émulsine, qui hydrolyse les composés du glucose β (Colin, 16), la glucosidase α, la poudre d'aspergillus, ne déterminent aucune transformation.

Des recherches plus précises doivent être entreprises pour déterminer les meilleures conditions d'action de ces différentes diastases dans le milieu considéré, avant d'affirmer qu'aucune d'elles ne peut agir.

4. *Recherche de la mannite.*

Un extrait est additionné d'acide arsénieux, suivant la méthode déjà utilisée pour les rivulaires. La déviation négative ne varie pas, même après vingt-quatre heures.

Les extraits lévogyres de Nostocs ne contiennent pas de mannite.

C) Etude d'une liqueur dextrogyre L_2

Les algues récoltées en août et septembre ont été traitées suivant les mêmes procédés que précédemment.

Source MNHN, Paris

Une petite fraction de la liqueur L_2, déféquée à l'acide phosphotungstique, est nettement dextrogyre.

$$\alpha = +0^{\circ}28' \ (l=2)$$

1. *Extrait par l'alcool à* 95°.

Le liquide L_2 est mis à sec; le résidu R_2, repris deux fois par l'alcool à 95° bouillant, ne se dissout qu'incomplètement.

Après décantation et distillation de l'alcool, la solution restante dévie de $+0°30'$ (l=2) [1.400 gr. d'algues dans 20 cm³].

Hydrolysée à 100° par 2 % d'acide sulfurique, elle donne les résultats suivants : la déviation croît en même temps que le réducteur, le pouvoir spécifique se fixe à $+70°$.

	Temps	α l = 2	Réducteur %	[α]D
100°	0	+0°30'	—	—
	30 m.	+0°46'	—	—
	1 h.	+0°52'	—	—
	1 h. 30	+0°56'	—	—
120°	2 h.	+1°	0,720	70

Si l'on compare cette opération à celle effectuée sur la liqueur L_1, on constate que les transformations se font dans le même temps, que la courbe d'hydrolyse est identique, mais que les produits formés ont un pouvoir rotatoire moins élevé lorsqu'il s'agit de la liqueur L_2.

2. *Résidu de l'extraction par l'alcool à* 95°.

La partie du résidu R_2 non soluble dans l'alcool à 95° est reprise par l'eau, la solution déféquée à fond.

Tandis que dans le premier cas étudié (liqueur L_1), il ne semblait plus rester que des traces de substance, on obtient ici, en concentrant à 20 cm³, une liqueur qui donne une déviation de $+3°$ (l=2).

Traitée par 2 % d'acide sulfurique, on observe que la déviation décroît, tout en restant positive, passe par un minimum, puis croît. Le réducteur apparaît progressivement, le pouvoir rotatoire est de $+60°$.

Source MNHN Paris

	Temps	α l = 2	Réducteur %	[α₀]
100°	0	+1°22'	—	—
	30 m.	+0°36'	—	—
	1 h.	+1°12'	—	—
120°	1 h. 30	+1°16'	0,990	60

Cette courbe d'hydrolyse est très différente des précédentes. On peut penser que la solution contient un mélange de deux corps.

L'un fortement dextrogyre, dont les produits de transformation ont un pouvoir rotatoire inférieur à +60°, et qui déterminent, dès le début de l'hydrolyse, une baisse de la déviation de plus de moitié de sa valeur initiale.

L'autre, probablement identique au corps lévogyre précédemment étudié, et qui fournit des produits réducteurs dont la déviation croissante se manifeste en fin d'hydrolyse.

II. — EXTRAITS PAR L'ALCOOL A 85°

Les observations précédentes ont porté sur les liquides de fixation, c'est-à-dire sur un premier extrait alcoolique.

On soumet les Nostocs à des extractions successives par l'alcool à 85°. Les algues laissent diffuser facilement les corps solubles dans l'alcool, et le troisième extrait ne contient plus rien.

On retrouve, dans l'étude de ces solutions, les résultats indiqués précédemment.

A. — Aux liquides de fixation lévogyres correspondent des extraits à rotation négative. Sous l'action des acides dilués, ces liqueurs se transforment en produits réducteurs dont le pouvoir rotatoire est de +70°. La marche de l'hydrolyse est identique à celle mentionnée à propos de la liqueur L_1 : croissance simultanée de la déviation et du réducteur.

	Temps	α l = 2	Réducteur %	[α₀]
100°	0	—0°14'	—	
	30 m.	+0°10'	—	
	1 h.	+0°12'		
120°	1 h. 30	+0°14'	0,160	70

Source MNHN Paris

B. — Les extraits, effectués à partir de Nostocs dont les liquides de fixation sont dextrogyres, sont positifs, et leur hydrolyse rappelle celle des résidus de l'extraction par l'alcool à 95° (liqueur L_2).

La déviation baisse, passe par un minimum, puis croît. Le pouvoir rotatoire est de +60°.

	Temps	α 1 = 2	Réducteur %	[α_D]
100°	0	+1°30'	—	
	30 m.	+0°50'	—	
	1 h.	+1°10'	—	
120°	1 h. 30	+1°20'	1,1	60

III. — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La différence entre le signe optique des deux extraits considérés peut-elle provenir d'un début de transformation du corps lévogyre ? Les algues étudiées appartenaient à des récoltes très différentes, la fixation en a été aussi rapide que possible ; les Nostocs sont des plantes très résistantes, qui supportent de fréquentes alternatives de sécheresse et d'humidité ; il ne semble pas que, dans ces conditions, une fermentation ait eu lieu.

L'étude des courbes d'hydrolyse peut suggérer l'hypothèse suivante :

Les Nostocs contiennent deux glucides solubles dans l'alcool, dont les proportions réciproques varient suivant certaines conditions physiques (état d'imbibition, température extérieure) ou suivant l'état du développement (sporulation).

Ces deux glucides résistent aux défécants ordinaires et se transforment, sous l'influence des acides, en produits réducteurs positifs.

L'un, lévogyre, prédomine dans certaines algues et donne alors aux extraits alcooliques son signe optique.

L'autre, dextrogyre (le tréhalose est possible), l'emporte dans d'autres échantillons et rend les extraits positifs.

On peut interpréter les résultats trouvés de la façon suivante :

A. — Liqueur lévogyre L_1

1° *Extrait par l'alcool à 95°.*

Le glucide négatif très soluble passe en majorité ; il donne à la

Source MNHN, Paris

solution son signe optique : ses produits de transformation par action des acides déterminent le sens ascendant de la courbe d'hydrolyse; ils ont un pouvoir rotatoire supérieur à $+70°$.

Le glucide positif, s'il existe, y est en faible proportion.

2° *Résidu de l'extraction par l'alcool à 95°. — Liquide total de fixotion.*

Le résidu de la première opération ne contient que des traces de produit; cependant, l'étude du liquide total de fixation et déféqué à fond semble indiquer non seulement la présence du corps négatif qui rend la liqueur lévogyre, mais celle d'une autre substance, qui fournit, au cours de l'hydrolyse acide des produits qui, s'ils ne modifient pas le sens de la courbe, abaissent cependant le pouvoir rotatoire final à $+67°$.

3° *Extrait par l'olcool à 85°.*

L'extrait semble contenir le glucide lévogyre et une faible quantité du principe dextrogyre.

En résumé : Les liqueurs lévogyres L_1 contiendraient une très faible quantité du corps positif : la substance lévogyre y serait à sa plus forte proportion.

B. — Liqueur dextrogyre L_2

1° *Extrait por l'olcool à 95°.*

La présence du glucide fortement *positif* se manifeste par la déviation, à droite, des extraits, mais il y est en faible proportion, car ses produits de transformation par les acides ne parviennent pas à changer le sens de la courbe d'hydrolyse, qui reste ascendante.

Les produits formés ont un pouvoir rotatoire de $+70°$.

2° *Résidu de l'extraction par l'olcool ô 95°.*

Le glucide positif prédomine dans cet extrait; il détermine la forte déviation initiale à droite : ses produits d'hydrolyse par les acides ont un pouvoir rotatoire inférieur à $+60°$, ils modifient la courbe d'hydrolyse, qui prend alors la forme d'une parabole avec un minimum.

Source MNHN, Paris

3° *Extrait par l'alcool à 85°.*

Les deux corps semblent exister dans cet extrait.

En résumé : les liqueurs dextrogyres contiendraient les deux corps, mais une plus forte proportion de glucide positif imposerait le signe optique.

Il serait désirable de pouvoir étudier les Nostocs d'une même région au cours de leur développement et à différentes étapes de leur dessiccation : une culture de ces algues serait intéressante à essayer.

IV. — VÉRIFICATION

A l'occasion d'une très belle récolte effectuée dans le Jura et placée immédiatement sous alcool à 90°, on a pu contrôler les observations précédentes malgré des modifications apportées aux procédés d'étude.

Afin d'éviter les difficultés inhérentes aux graisses et aux cires qui abondent dans ces algues, on a procédé ainsi :

Le liquide alcoolique de fixation a été évaporé à sec à la température de 30° sous un jet d'air comprimé :

La poudre sèche traitée sous Soxhlet :

1° Par l'*éther bouillant* pendant une heure. La solution vert foncé, épaisse, ne livre, après évaporation, aucun corps soluble dans l'eau.

2° Par le *chloroforme*. Le solvant n'entraîne que peu de chose et le résidu de son évaporation est totalement insoluble dans l'eau.

3° Par l'*éther acétique*. On ne recueille aucun hétéroside.

Débarrassée des corps gras, la poudre est remise en solution dans l'eau : la liqueur défèque facilement, sa déviation est $\alpha = +0°54'$ $l = 2$.

La liqueur remise à sec, on reprend le résidu par l'alcool à 90°.

A. Extrait par l'alcool a 90°.

La solution obtenue, l'alcool étant évaporé, présente lorsqu'on l'hydrolyse les caractères déjà constatés avec les extraits par l'alcool à 95° (liqueur L_2), c'est-à-dire une courbe ascendante de la déviation, mais ici, le titre alcoolique étant moins élevé, le produit dextrogyre

Source : MNHN, Paris

passe en plus grande quantité et ses produits d'hydrolyse ralentissent cette marche ascendante : le pouvoir rotatoire final est de +60°

Hydrolyse par 2 % d'acide sulfurique				
	Temps	α l = 2	Réducteur %	[α_D]
100°	0	+0°40'	—	
	30 m.	+0°44'	—	
	1 h.	+0°48'	0,675	
120°	1 h. 30	+0°56'	0,770	[α_D] = +60

B. Résidu de l'extrait par l'alcool a 90°.

Ce résidu, mis en solution dans l'eau, est déféqué à fond. La liqueur obtenue dévie de +0°44' et présente tous les caractères observés sur le résidu correspondant de la liqueur L_2.

Hydrolyse par 2 % SO^4H^2				
	Temps	α l = 2	Réducteur %	[α_D]
100°	0	+0°44'	—	
	30 m.	+0°38'	0,140	—
	1 h.	+0°16'	0,400	
120°	1 h. 30	+0°26'	0,450	
	2 h.	+0°30'	0,475	53

Source MNHN, Paris

CHAPITRE III

EXTRAITS AQUEUX
GOMME DE NOSTOC COMMUNE
RECHERCHE DU GLYCOGÈNE

Les Nostocs, dont on a extrait les glucides par l'alcool, sont traités par l'eau bouillante.

Ils abandonnent une gomme épaisse, visqueuse, qui précipite par le sous-acétate de plomb et coagule par l'alcool.

Mise en solution très étendue, on peut la filtrer et déterminer son signe optique : la gomme de Nostocs est dextrogyre.

I. — ACTION DES ACIDES

La gomme précipitée par l'alcool est traitée par 1 % d'acide sulfurique. Au bain-marie à 100°, on peut suivre la déviation qui décroît, tandis que le réducteur augmente. Après deux heures, l'opération s'arrête; à ce moment, le pouvoir rotatoire des produits formés est de +19°.

En utilisant l'autoclave à 120° sans augmentation du pourcentage d'acide, la transformation continue, mais la déviation croît en même temps que le réducteur. Le pouvoir rotatoire se fixe à +45°.

	Temps	α l = 2	Réducteur %	α_D
Bain-marie 100°	0	lect. impr.	—	
	30 m.	+0°20'	—	
	1 h.	+0°18'	0,300	
	1 h. 30	+0°14'	0,450	
	2 h.	+0°12'	0,575	19
Autoclave 120°	2 h. 30	+0°28'	0,775	
	3 h.	+0°30'	0,825	
	3 h. 30	+0°40'	0,880	
	4 h.	+0°46'	0,950	45

Source MNHN Paris

L'opération très lente avec 1 % d'acide s'effectue en deux heures à 120°, par 2 % d'acide.

II. — ESSAI DE FRACTIONNEMENT DE LA GOMME

L'arrêt de la transformation, après deux heures à 100°, indique peut-être une étape que l'on pourrait utiliser pour préciser la nature de la gomme.

On reprend l'expérience sur 45 gr. de gomme dissoute dans 500 cm³ SO^4H^2 2 %

L'opération est amenée à son terme en utilisant le bain-marie.

En 1 h. 30 à 100°...	+0°20' +0°14' +0°12'	$[\alpha_D] = +19°$

1° Le liquide acide est additionné de deux volumes d'alcool absolu, dans le but de précipiter les substances non encore transformées (gomme brute).

Le précipité obtenu est exclusivement minéral.

2° On chasse l'alcool, on neutralise à la baryte en milieu très dilué. La concentration étant opérée sous vide, on précipite à nouveau par l'alcool absolu. Si l'hydrolyse a libéré des acides uroniques, ceux-ci, qui sont passés à l'état d'uronates de baryum, doivent précipiter par l'alcool.

Après quarante-huit heures de repos, on ne recueille qu'un très faible précipité en grande partie insoluble dans l'eau; la solution ne donne aucune déviation.

Les opérations précédentes n'ont opéré aucun fractionnement.

3° Le filtrat alcoolique distillé, le résidu a un pouvoir rotatoire de +22°.

$\alpha = +1°4'$ R % = 2,4 $[\alpha_D] = +22°$

Ce résidu, traité à 120° par 2 % d'acide sulfurique, redonne les caractères observés dans l'hydrolyse de la gomme brute.

La déviation croît en même temps que le réducteur, le pouvoir rotatoire est de +45°.

Source MNHN Paris

	Temps	α l = 2	Réducteur %	$\lvert\alpha_D\rvert$
A 120°	0	+1°4'	2,4	22
	30 m.	+2°12'	2,975	37
	1 h.	+2°42'	3	
	1 h. 30	+2°46'	3,2	
	2 h.	+2°52'	3,2	45

La gomme s'hydrolyse régulièrement.

III. — IDENTIFICATION DES PRODUITS FORMÉS

La liqueur d'hydrolyse, dont le pouvoir rotatoire est de +45°, est neutralisée à la baryte et concentrée.

a) Elle donne, avec l'alcool absolu, un précipité qui, traité au bain-marie bouillant par la naphtorésorcine en milieu chlorhydrique, fournit une rapide et très intense réaction :

Après quinze minutes à 100°, le liquide prend une fluorescence verte, puis il se forme un précipité bleu indigo, qui, recueilli, se dissout dans l'éther en une belle liqueur violette. La solution éthérée évaporée, le résidu bleu très intense se redissout dans le chloroforme et le benzène.

La gomme de Nostocs contient, comme les gommes des Cyanophycées déjà étudiées, un noyau uronique.

b) La solution, débarrassée des acides uroniques par plusieurs précipitations par l'alcool, a un pouvoir rotatoire de +53°.

Traitée par l'acétate de phénylhydrazine, elle donne une abondante osazone que l'on identifie à l'arabinosazone.

CONCLUSION

Il n'est pas possible, d'après les recherches succinctes qui ont été effectuées, de donner une composition précise de la gomme de Nostocs. On peut admettre qu'elle est constituée par des acides uroniques accompagnés de sucres, dont l'un est probablement l'arabinose.

IV. — RECHERCHE DU GLYCOGÈNE

Les cellules de *Nostoc commune* prennent, sous l'influence de l'iode, une teinte jaune vif. Les auteurs, qui se sont intéressés à la

Source MNHN Paris

morphologie des Cyanophycées, ont signalé la présence du glycogène en se basant sur cette coloration.

En particulier, les Nostocs sont désignés comme contenant ce glucide; il paraissait intéressant de chercher à l'extraire.

Les gommes extraites par l'eau bouillante ne prennent aucune coloration avec l'iode, même lorsqu'on les concentre.

Elles ne subissent aucune variation sous l'influence de la pancréatine Choay, très active sur le glycogène.

On peut admettre que le glycogène est resté dans la cellule, les filaments ne sont pas désorganisés et les cellules prennent la coloration déjà indiquée.

On traite alors les algues par la potasse à 5 % pendant une heure, à l'ébullition.

Le liquide brun, très visqueux, est additionné d'alcool absolu; le glycogène, s'il existe, a dû passer dans cet extrait alcalin et doit précipiter en même temps que la gomme.

Le précipité obtenu, traité par 2 % SO^4H^2, donne exclusivement les produits d'hydrolyse de la gomme déjà étudiée.

	Temps	α l = 2	Réducteur %	$[\alpha_D]$
A 100°	0	+0°26'	—	
	30 m.	+0°14'	0,325	
	1 h.	+0°12'	0,400	
A 120°	1 h. 30	+0°22'	0,500	
	2 h.	+0°28'	—	
	2 h. 30	+0°34'	0,700	46

Une hydrolyse faite sur une liqueur non précipitée par l'alcool a donné les mêmes résultats.

Dans aucun cas on n'a obtenu l'osazone du glucose.

Les expériences précédentes n'ont pas montré l'existence du glycogène. La présence de ce glucide n'est pas impossible, elle n'est peut-être que temporaire; il s'agit de rechercher cette présence en suivant le développement de la plante.

Les échantillons étudiés n'étaient pas sporulés, la formation des spores détermine peut-être l'apparition de ce glucide.

Source MNHN Paris

CHAPITRE IV

ETUDE DE SCYTONEMA TOLYPOTRICHOIDES *ET* D'APHANOTECE STAGNINA

Il m'a paru intéressant de signaler quelques observations effectuées sur deux Cyanophycées vivant dans les eaux douces stagnantes.

I. — *SCYTONEMA TOLYPOTRICHOIDES*

Cette algue, recueillie dans les marais de Lessay, se rapproche beaucoup des espèces déjà étudiées. Le genre Scytonema appartient à la série des *Anhomocysteæ*, famille des *Scytonémacées;* il groupe des espèces nombreuses à aspect très varié, et dont le coloris va du vert olivâtre au jaune et au brun rouille. Certaines espèces se développent sur la terre humide (S. *stuposum*, S. *ocellatum*), sur les rochers au voisinage des cascades, auprès des sources thermales (S. *mirabile*), d'autres flottent dans les ruisseaux, dans les étangs.

Scytonema tolypotrichoides montre ses touffes globuleuses de couleur jaune rouille, à la surface de l'eau, entre les plantes aquatiques. Les filaments, épais de 10 à 15 μ, sont disposés radialement autour du milieu de la touffe; ils ne contiennent qu'un trichome dans chaque gaine. Ces trichomes, non terminés par un poil, de même épaisseur dans toute leur étendue, différencient les Scytonémacées des Rivulariacées, tandis que la présence d'hétérocystes basilaires les sépare des Nostocacées.

L'aspect pseudorameux des filaments de *S. tolypotrichoides* est dû à la présence des rameaux géminés qui naissent entre les hétérocystes, quelquefois sous ces mêmes hétérocystes.

Source MNHN Paris

Si l'on soumet l'algue à l'action de l'eau iodée, on voit le trichome se teinter de jaune, la gaine restant incolore; l'adjonction d'une goutte d'acide sulfurique concentré détermine une coloration plus accentuée du trichome, qui passe au jaune orangé tandis que la gaine prend une teinte gris verdâtre.

Ces réactions ne permettent pas de conclure à la présence de glycogène dans la cellule et de cellulose dans la gaine. Les recherches effectuées par GOMONT (37) sur d'autres espèces de Scytonema (*S. myochrous*, *S. cincinnatum*) ont amené cet auteur à penser que ces algues renfermaient une cellulose différente de celle des plantes supérieures, et LEMAIRE (42), en étudiant les mêmes espèces, indique que la cellulose y est alliée à de la shizophycose, combinaison insoluble dans la liqueur de Schweitzer.

Les algues, sitôt récoltées et essorées, sont fixées à l'alcool fort; l'extrait, après distillation de l'alcool, contient non seulement une certaine quantité de gomme, mais des substances lipoïdiques qui entravent toute filtration.

Le sous-acétate de plomb et l'acide phosphotungstique provoquent une abondante défécation et l'on obtient une liqueur claire, DEXTROGYRE.

$\alpha = +0°20'$ (l=2) (100 gr. d'algues fraîches dans 100 cm^3 d'eau)

Les dosages, effectués suivant la méthode de G. Bertrand, indiquent la présence de 0 gr. 150 de sucre réducteur pour 100 gr. de poids frais.

La sucrase ne détermine, même après plusieurs jours, aucune transformation, les extraits ne contiennent pas de saccharose.

Sous l'influence de 2 % d'acide sulfurique, les liqueurs déféquées à fond deviennent de plus en plus réductrices : après 1 h. 30 au bain-marie bouillant, le pouvoir rotatoire des produits formés est voisin de $+50°$, et l'on obtient l'osazone du glucose.

$\alpha = +0°24'$ (l=2) R % = 0,4 $[\alpha_D] = +50°$

Les algues, après plusieurs extractions alcooliques, sont traitées par l'eau bouillante. Elles livrent une gomme *dextrogyre* qui, sous l'action de 2 % d'acide sulfurique, pendant 1 h. 30 à 100°, se transforme en produits réducteurs dont le pouvoir rotatoire est de $+25°$.

$\alpha = +0°18'$ (l=2) R = 0,6 % $[\alpha_D] = +25°$

Source MNHN, Paris

II. — *APHANOTECE STAGNINA* Spreng.

Aphonotece stognina, récoltée dans la mare de Vauville, est très différente des algues étudiées précédemment; cette espèce, qui appartient à la série des *Chroococcoles*, n'est pas filamenteuse. Elle est constituée par des cellules ovoïdes de 3 à 5 μ, qui sont groupées sans ordre dans un mucus homogène; l'ensemble a l'aspect d'une masse globuleuse vert clair pouvant atteindre plus de un centimètre.

L'algue récoltée ne s'essore que difficilement, on ne peut la presser sans l'écraser et disséminer cellules et gomme. On a donc, pour le transport, placé la récolte simplement égouttée, sous alcool fort; une coagulation de la gomme s'est produite et l'ensemble a donné une masse semi-solide infiltrable.

Au laboratoire, on a desséché toute la récolte, d'abord à la température de 20° sous air comprimé, puis dans le dessiccateur à vide.

540 gr. de poids frais ont donné 3 gr.06 à 20° et 2 gr.28 sous vide.

La proportion de matière sèche, dans ces algues, est inférieure à 1 %.

Le produit sec (cellules et gomme) est traité par l'alcool à 85° bouillant; cet extrait, après distillation de l'alcool, est *dextrogyre* et *foiblement réducteur*.

100 gr. de substance sèche renferment 1 gr. 2 de sucre réducteur. Dans 100 gr. de poids frais, le pourcentage serait de l'ordre de 0,01.

La solution déféquée au sous-acétate de plomb, puis à l'acide phosphotungstique, conserve sa rotation positive.

$$\alpha = +0°20' \qquad \alpha = +0°40' \ (l=2)$$

Elle ne contient pas de saccharose, il semble donc que la déviation puisse être attribuée à la présence d'un glucide positif.

Par action de l'acide sulfurique à 2 % (à 100°), il apparaît une certaine quantité de sucre réducteur, mais le peu de substance dont on dispose ne permet pas de suivre l'hydrolyse.

L'algue sèche, qui vient de subir le traitement à l'alcool, est soumise à l'action de l'eau bouillante : la masse se gonfle, se liquéfie. A chaud, on obtient un liquide visqueux d'apparence homogène; à froid, toute la masse se prend en gelée.

Ce produit, qui contient gomme et cellules (que l'on ne peut séparer), est faiblement dextrogyre ($\alpha = +0°6'$ $l=2$); traité par

Source MNHN Paris

l'acide sulfurique à 2 %, il s'hydrolyse en donnant des produits réducteurs dont le pouvoir spécifique est voisin de +30°, et qui fournissent l'osazone du glucose.

$\alpha = +0°12'$ (l=2) R % = 0,4 $[\alpha_D] = +28°$

$\alpha = +0°10'$ R % = 0,27 $[\alpha_D] = +30°$

Au cours des extractions alcooliques, une petite quantité de gomme a pu être isolée. Cette gomme, débarrassée des cellules, donne, après hydrolyse, les mêmes résultats que ci-dessus.

$\alpha = +0°6'$ (l=2) R % = 0,17 $[\alpha_D] = 30°$

Ces expériences, effectuées sur une seule et peu abondante récolte, n'ont la valeur que d'une indication; elles seront poursuivies ultérieurement, mais elles permettent cependant de se rendre compte que, malgré de grandes différences dans la forme et dans le genre de vie, il existe entre les différentes Cyanophycées des liens très réels au point de vue biochimique.

Source MNHN, Paris

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les recherches qui font l'objet de ce travail ont porté sur trois espèces voisines de la même série : *Rivularia bullata*, *Calothrix pulvinata*, *Nostoc commune* (Hormogonéales).

Quelques observations ont été en outre effectuées sur deux espèces vivant dans les étangs : *Scytonema tolypotrichoides* (même série que les précédentes) et *Aphanotece stagnina* (Chroococcales).

Il n'est guère possible maintenant de donner une idée générale sur la composition biochimique des Cyanophycées, mais on peut tout au moins constater que, dans une même série, les différentes espèces contiennent : ou un même corps, ou des corps très voisins.

1. Les espèces étudiées ne contiennent que peu de matière sèche, de 5 à 10 %. Elles renferment de fortes proportions de matières minérales, le calcium et le magnésium en étant les métaux dominants.

Rivularia, 30 % ; *Calothrix*, 40 % ; *Nostoc*, 20 %.

Les algues marines *Rivularia* et *Calothrix* laissent, après incinération, un fort dépôt de silice.

2. L'azote organique atteint, pour 100 gr. de poids sec à 110°, les proportions suivantes :

2,42 % dans *Rivularia bullata*.
1,5 % dans *Calothrix pulvinata*.
2,8 % dans *Nostoc commune*.

La presque totalité de l'azote semble provenir de la gomme qui constitue la gaine des filaments.

3. Le sucre réducteur, dosé suivant la méthode classique de Bertrand, n'atteint que de très faibles proportions; pour 100 gr. de poids frais :

Rivularia, 0,08; *Calothrix*, 0,035 ; *Nostoc*, 0,07 du poids sec.

Les algues bleues se rapprochent en cela des algues brunes et des algues rouges.

Source MNHN Paris

4. Les extraits alcooliques ne contiennent ni polyols ni saccharose en quantité dosable, mais ils contiennent tous, au moins, un glucide hydrolysable.

5. Dans *Rivularia bullata* et dans *Calothrix pulvinata*, on a pu mettre en évidence un principe fortement dextrogyre, qui a été identifié avec le tréhalose.

Ce sucre a été obtenu à l'état cristallisé à partir des extraits de *Rivularia bullata*.

Les algues brunes, les Floridées marines n'en contiennent pas, mais la présence de ce glucide a été signalée dans les Rhodophycées d'eau douce.

6. Les Nostocs présentent une particularité des plus intéressantes.

Certains extraits sont lévogyres; d'autres sont dextrogyres.

Ils semblent renfermer deux corps qui, suivant leurs proportions réciproques, donnent à l'extrait leur signe optique.

Les liqueurs lévogyres se convertissent, par hydrolyse acide, en produits réducteurs dont le pouvoir rotatoire est de $+75°$.

Les solutions dextrogyres, traitées de façon identique, donnent un ensemble de produits dont le pouvoir rotatoire est de $+60°$.

L'identification de ces deux corps n'a pu se faire faute de produits.

7. Les algues traitées par l'eau bouillante abandonnent une substance visqueuse, qui, en solution filtrée, est neutre, non réductrice, nettement dextrogyre.

Ces gommes, sous l'action hydrolysante des acides, donnent toutes naissance à des produits réducteurs, dans lesquels on trouve des acides uroniques et des sucres simples, variables suivant les espèces.

Dans *Rivularia bullata*, le pouvoir rotatoire de l'ensemble des produits réducteurs est de $+58°$.

On trouve de l'arabinose et du glucose.

Dans *Calothrix pulvinata*, le pouvoir rotatoire global est de $+45°$.

On trouve du galactose et probablement du mannose.

Dans *Nostoc commune*, le pouvoir rotatoire est de $+45°$.

On trouve l'arabinose.

Ces gommes se séparent nettement de l'algine des algues brunes,

Source MNHN Paris

qui ne contient que des acides uroniques; elles se rapprochent plutôt des pectines par l'ensemble de leurs constituants; il semble cependant que les gommes de Cyanophycées seraient plutôt formées d'un noyau uronique, auquel viennent se souder différentes molécules de sucres simples.

8. Les cellules des Cyanophycées étudiées prennent, avec l'iode, une coloration jaune orangé, faisant penser à la présence possible du glycogène.

Or, les recherches effectuées en vue de mettre ce glucide en évidence sont restées sans résultat. Les extraits par l'eau bouillante, les extraits par la potasse ne se colorent pas par l'iode, ne subissent pas l'action de l'amylase pancréatique.

Il serait imprudent de conclure cependant à l'absence de glycogène, tant que l'on n'aura pas suivi le développement de ces algues.

Les recherches précédentes montrent tout l'intérêt que peut présenter l'étude plus approfondie et plus généralisée des constituants biochimiques des Cyanophycées.

Source MNHN Paris

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. ALLISON (F.-E.) et MORRIS (H.-J.). — Nitrogen fixation by blue green algae. *Science, 71, p. 221-223. (1930.)*
2. AUGIER (J.) — Constitution et biologie des Rhodophycées d'eau douce. *Thèse, Paris. (1934.)*
3. AUSTERWEIL (G.). — Sur quelques réactions entre zéolithes et sels peu solubles dans l'eau. *C.R. Acad. Sc. 194, p. 1581. (1932.)*
4. BADREAU (J.). — Dosage de la mannite par l'acide arsénieux. *Journ. de Pharm. et Chimie, 7e série, t. XXIV, p. 12. (1921.)*
5. DE BEAUCHAMP. — Les grèves de Roscoff. *Libr. Sc. Nat. Paris. (1914.)*
6. BERNIER. — Sur la présence de l'acide glycuronique dans l'urine normale. *Thèse Pharm. Paris. (1910.)*
7. BERTRAND (G.) et THOMAS. — Guide pour les manipulations de chimie biologique. *Paris, Dunod, 3e éd. (1919.)*
8. BIRD et HAAS. — On the nature of the cell wall constituents of *Laminaria*. S.P.P. mannuronic acid. *Biochem. Journ., t. XXV, 403. (1931.)*
9. BORNET et FLAHAULT. — 1° Révision des Nostocacées hétérocystées. *Ann. Sc. Nat., série VII, t. III, IV, VII. (1886.)*

— 2° Tableau synoptique des Nostocacées hétérocystées. *Mém. Soc. Sc. Nat. et Mat. de Cherbourg.*

10. BORNET et THURET. — Notes algologiques. *T. I, XXV, XXVI. (1887-1889.)*
11. BOURQUELOT. — Hydrates de carbone chez les champignons. *Bull Soc. Mycol., t. 5. Paris. (1889.)*
12. BOURQUELOT. — Ferments solubles. *Paris. (1896.)*
13. BUTLER (C.) et CRETCHER. — The composition of the Gum Arabic. *Journ. of Am. Chem. Soc., t. 51, p. 1519. (1929.) Journ. of Am. Chem. Soc., t. 53. (1931.)*
14. CHAMBRON. — Acide glycuronique et glycuroconjugaison. *Thèse Pharmacie. Lyon. (1934.)*
15. CLAUTRIAU (G.). — 1° Etude chimique du glycogène chez les champignons et les levures. *Rec. de l'Institut Bot. Bruxelles, t. I. (1895.)*

— 2° Réserves hydrocarbonées des Thallophytes. *T. I, (1899.)*

16. COLIN (H.). — Les diastases : Hydrolases. *T. I. Paris, Douin, 1930.*
17. COLIN (H.) et AUGIER (J.). — Floridoside, Tréhalose et Glycogène chez les algues rouges d'eau douce (*Lemanea, Sacheria*). *C.R. Ac. Sc., p. 423. (1933.)*

Source MNHN Paris

18. COLIN et PAYEN (J.). — Le sucre de *Rivularia bullata*. *C. R. Ac. Sc., p. 384. (1934.)*

19. CRETCHER et NELSON (W.-L.). — A new type of acide carbohydrate from Seaweed. *Sciences, t. 67, p. 537 (1928.)*

20. CRETCHER et BUTLER. — The nature of the acidic substance formed on the hydrolysis of Acacia. *Sciences, t. 68, p. 116. (1928.)*

21. CZURDA (V.). — Morphologie und Phyciologie der Algenstärkekörner. *Beihefte. Z. bot. Centralblatt, t. 45, p. 98. (1928.)*

22. DANGEARD (P.). — Traité d'Algologie. *Paris, Lechevalier. (1933.)*

23. DAVY DE VIRVILLE (A.). — Sur la répartition en zone de *Rivularia bullata* BERK. *C.R. Ac. Sc., t. CXCI. (1930.)*

24. DIÉTRICH. — Nouvelles recherches sur les constituants morphologiques du cytoplasme de la cellule végétale. *Arch. anat. microsc. (1924.)*

25. EHRLICH (F.) et REHORST (K.). — Zur Kenntnis der d. Glykuronsäure. *Ber. Chem. Ges., t. 58, p. 1989. (1925.)*

26. EHRLICH (F.) et SCHUBERT (F.). — Uber Tetra Araban und seine Beziehung zur Tetragalakturonsaüre dem Hauptkomplex der Pekunstoff. *Bioch. Ztschr, 203, 343, 350. (1928.) Ber. Chem. Ges., 63, 1974. (1929.)*

27. EHRLICH (F.) et SOMMERFELD (R.-V.). — Die Zusammensetzung der Pektinstoffe der Zucherrübe. *Bioch. Ztschr., t. 168, p. 263. (1926.)*

28. ERCEGOVIC (Dr Ante). — Etudes écologiques et sociologiques des Cyanophycées lithophytes de la côte yougoslave de l'Adriatique. *Bull. Ac. Yougosl. des Sciences et des Arts. Bull. Sc. Math. et Nat., vol. 26. Zaghreb. (1932.)*

29. ERRERA. — Epiplasme des Ascomycètes et le glycogène des végétaux. *Thèse. Bruxelles. (1882.) Publiée dans le recueil de l'Institut bot. Univ. de Bruxelles, I. (1906.)*

30. FAMIN (A.). — Action de la température sur les végétaux. *Thèse. Paris. (1933.)*

31. FLAHAULT. — 1° Nostocacées hétérocystées. *Bull. Soc. Royale Bot. Belg., t. 27.*

— 2° Les Nostocs. *Extrait Bull. Soc. Bot., t. 30 (1893.)*

32. FRÉMY (P.). — 1° Les Scytonémacées de la France. *Revue algol., II, p. 258-279. Rev. algol., III, p. 35 à 98. (1925-1926.)*

— 2° Les Stigonémacées de la France. *Revue algol., t. V, p. 147.*

— 3° Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale. *Arch. de Bot., t. III, mémoire n° 2. (1930.)*

— 4° Les Cyanophycées des côtes d'Europe. *Extrait des mémoires de la Sté Nationale des Sc. Nat. et Math. de Cherbourg, t. XLI.*

33. GEITLER (Dr Lothar). — Synoptische Darstellung der Cyanophyceen in morphologischer und system. *Beihefte. Z. Botanisch Centralblatt. (1925.)*

34. GUEGUEN (E.). — Les constituants glucidiques des algues rouges. *Thèse de Pharmacie. Paris. (1931.)*

Source MNHN Paris

35. GUILLIERMOND (A.). — 1° Sur la structure des Beggiatoa et leurs relations avec les Cyanophycées. *C.R. Soc. Biol. (1926.)*

— 2° Nouvelles recherches sur la structure des Cyanophycées. *R. Gén. Bot. (1926.)*

— 3° Contribution à l'étude cytologique des Cyanophycées. *R. G. Bot. (1906.)*

36. GUILLIERMOND (A.), MANGENOT (G.), PLANTEFOL (L.). — Traité de Cytologie.

37. GOMONT. — 1° Monographie des Oscillariées. *Annales Soc. Nat. Bot., 7e série. T. XV. (1892.) Tome I (1893.)*

— 2° Recherches sur les enveloppes cellulaires des Nostocacées filamenteuses. *Bull. Soc. Bot., t. XXXV. (1888.)*

38. HEIDELBERGER (M.) et GOEBEL (W.). — The soluble spécific substance of pneumococcus. *Journ. of biol. chem. (1927.)*

39. HEIDELBERGER (M.) et KENDALL (F.-E.). — Ac. aldobionique. *Journ. of biol. chem., t. 84, p. 639. (1929.)*

40. HERVIEUX. — Recherches biochimiques sur l'indol et l'acide glycuronique. *Thèse Sciences. Paris. (1908.)*

41. LEFÈVRE et TOLLENS. — Unterschungen uber die Glucuronsäure ihre quantitative Bestimmung und ihre Farbenreaktionen. *Ber. Chem. Ges., t. 40, p. 4513. (1907.)*

42. LEMAIRE (A.). — Recherches microchimiques sur la gaine de quelques Schizophycées. *Extrait du Journal de Bot., t. XV, nos 8-9-10. (1901.)*

43. LINK. — Crystalline d. mannuronic acid. *Sciences, 76, p. 396. (1932.)*

44. LINK et DICKSON. — The preparation of d. galacturonic acid from lemon pectic. *Journ. of Biol. chem., 86, p. 491. (1930.)*

45. LINK et NEDDEN. — Improvements in the preparation of d. galacturonic acid. *Journ. of Biol. chem., 94-307. (1931.)*

46. MANGENOT (G.). — Recherches sur les constituants morphologiques des algues. *Arch. morphol. génér. et expér. (1922.)*

47. MANGIN. — Sur la constitution de la membrane des végétaux. *C.R. Ac. Sc. Paris. (Juillet 1888 et octobre 1889.) Bull. Soc. Bot., t. XLI. (1894.)*

48. MANSKE. — Présence de mannose dans les algues marines. *Journ. Biol. Chem. T. 86, p. 571. (1930.)*

49. NANJI (D.-R.), PATON (F.-J.), LING (A.-R.). — Dosage volumétrique du gaz carbonique. *Journ. of Chem. Soc. Ind., t. 44, p. 253 (8 T). (1925.)*

50. NELSON et CRETCHER. — The alguin acide from macrocystis pyrifera. *Journ. of Amer. Chem. Soc., t. 51, p. 1914. (1929.) Id., t. 52, p. 2130. (1930.) Id., t. 54, p. 3409. (1932.)*

51. NEUBERG et KOBEL. — Uber die Ausführung der Reaktion von Alduronsäuren mit naphthorésorcin. *Bioch. Z., t. 243, p. 435. (1931.)*

52. NOEGELI (C.). — Die Stärkekörner. *Zurich. (1858.)*

Source MNHN, Paris

53. OBATON. — Evolution du mannitol chez les végétaux. *R. G. Bot., t. 41. (1929.)*

54. QUICK. — A method for the quantitative determination of menthol glycuronic acid in urine. *Journ. of biol. chem., t. 61, p. 668. (1924.)*

55. REHORST (K.). — Uber das Saponin der Zuckerrübe. *Ber. chem. Geo., t. 62, p. 519 (1929.)*

56. RICARD (P.). — Constituants glucidiques des algues brunes. *Ann. Inst. Océano. (1930.)*

57. RUCHE. — 1° Essai sur la Biochimie générale et comparée des pigments respiratoires. *Thèse. (1936.)*
2° Notes sur les pigments des algues rouges et bleues. *Arch. de Phys. Biol.*

58. SANDS (L.) et KLAAS (R.). — Cholla Gum. *Chem. Abs. July. (1929.)*

59. SAUVAGEAU. — Réflexions sur les analyses chimiques des algues. *Rev. G. Sciences, t. 29, p. 541. (1918.)*

60. SCHMIDT (E.) et VOCKE (E.). — Zur Kenntnis' der Polyglykuronsaüren. *Ber. Chem. Ges., t. 59, p. 1585. (1926.)*

61. SCHOEFFEL et LINK. — Isolation of α and β d. mannuronic acid. *Journ. biol. chem., t. XCV, p. 213. (1932.) T. 100, p. 397. (1933.)*

62. SUTRA. — Dégradation de l'amidon par l'action de l'acide phosphorique. *C.R. Ac. Sc. (Mai 1934.)*

63. TEODORESCO. — Sur la présence d'une phycoérythrine dans le Nostoc commun. *R. G. Bot. 32, p. 145. (1920.)*

64. THURET. — Reproduction et observations sur quelques Nostocacées de Cherbourg. *(1857.)*

65. TOLLENS. — Uber einen einfachen Nachweis der Glucuronsaüre mittels Naphtoresorcin salzsaüre und Ather. *Ber. Gem. Ges., t. 41, p. 1788. (1908.) Ztsch. für physiol. chem., t. 56, p. 115. (1908.)*

66. TOLLENS et RORIVE. — Uber Farben und Spektralreaktionen der Zuckerarten mit naphtoresorcin und salzsaüre. *Ber. Chem. Ges., t. 41, p. 1783. (1908.)*

67. TURNER. — Chemical composition of Oscillaria prolifera. *Journ. Ann. Chem. Soc. V. 38. (1916.)*

68. WIENMANN. — Darstellung von d. Glykuronsaüre ans arabischem Gummi. *F. Ber. Chem. Ges., t. 62, p. 1637. (1929.) F. Bioch. Z., t. 236, p. 87. (1931.)*

Source MNHN, Paris

Source MNHN Paris

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

I. Historique 1

II. Caractères généraux des Cyanophycées 4

III. Récolte du matériel 7

Ire PARTIE

ETUDE DE *RIVULARIA BULLATA* (POIRET) BERKELEY

GÉNÉRALITÉS 12

CHAPITRE I. — **Quelques données sur la composition minérale** 14

CHAPITRE II. — **Extraits alcooliques : glucides** 17

I. — Fixation 17

II. — Propriétés du liquide 17

III. — Recherche des substances contenues dans les extraits alcooliques 19

IV. — Préparation du principe sucré à l'état pur 22

CHAPITRE III. — **Extraits aqueux : gomme de** *Rivularia bullata* 24

I. — Propriétés du liquide 24

II. — Etude des cendres 25

III. — Teneur en azote 26

IV. — Purification de la gomme 26

V. — Hydrolyse acide de la gomme 27

VI. — Identification des produits d'hydrolyse 28

VII. — Recherche de la nature des acides uroniques 33

VIII. — Fractionnement de la gomme 38

CHAPITRE IV. — **Recherche du glycogène. Autolysat** 40

Source MNHN Paris

IIe PARTIE

ETUDE DE *CALOTHRIX PULVINATA* AG.

GÉNÉRALITÉS 46

CHAPITRE I. — **Préparation des algues. Données minérales** 48

CHAPITRE II. — **Extraits alcooliques : glucides** 51

I. — Préparation du liquide à étudier 51

II. — Recherche des substances contenues dans les extraits alcooliques 52

CHAPITRE III. — **Extraits aqueux : gomme de** *Calothrix pulvinata* **Recherche du glycogène** 57

I. — Propriétés du liquide 57

II. — Etude des cendres 57

III. — Teneur en azote 58

IV. — Purification de la gomme 58

V. — Action des acides 59

VI. — Identification des produits formés 60

VII. — Fractionnement de la gomme 62

VIII. — Recherche du glycogène 64

IIIe PARTIE

ETUDE SOMMAIRE DE *NOSTOC COMMUNE* VAUCHER ET OBSERVATIONS SUR DEUX CYANOPHYCÉES D'EAU DOUCE

CHAPITRE I. — **Généralités et données minérales** 67

CHAPITRE II. — **Extraits alcooliques : glucides** 71

I. — Liquides de fixation 71

A) *Propriétés générales* 71

B) *Etude d'une liqueur Lévogyre* L_1 72

C) *Etude d'une liqueur Dextrogyre* L_2 74

Source MNHN Paris

II. — Extraits par l'alcool à 85° 76
III. — Interprétation des résultats 77
IV. — Vérification 79

CHAPITRE III. — **Extraits aqueux : gomme de** *Nostoc commune*. **Recherche du glycogène** 81
I. — Action des acides 81
II. — Essai de fractionnement de la gomme 82
III. Identification des produits formés 83
IV. — Recherche du glycogène 83

CHAPITRE IV. — **Etude de** *Scytonema tolypotrichoides* **et d'***Aphanotece stagnina* 85

CONCLUSIONS 89

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 92

Imp. WOLF. — Rouen

Source MNHN, Paris

Source MNHN Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. I.

Rochers de Saint-Malo avec *Rivularia bullata* (POIRET) formant zone au-dessus des *Fucus vesiculosus*.

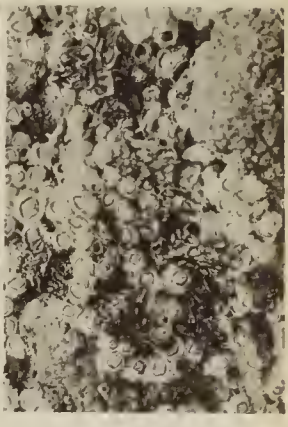
J. PAYEN et R. LAMI, Phot. BOUAN, Imp.

Rivularia bullata parmi *Lichina pygmea* (gross. 2 fois environ).

Source MNHN, Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. II

Rivularia bullata sur rochers
à Chtamales.
(Algues encore humides).



Rivularia bullata
Mêmes échantillons après une heure
d'émersion.

J. Payen et R. Lami, Phot. Bouan, Imp.

Rivularia bullata (grandeur naturelle).

Source MNHN, Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. III

D'après des dessins originaux de E. Bornet. Bouan, Imp.

Rivularia bullata. — Disposition radiée des trichomes. — Différentes étapes du développement montrant la partie centrale évidée et remplie de gaz (Gr. 12 — 160 — 300).

Source MNHN Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. IV.

Calothrix pulvinata sur des roches aux Iles Chausey.

J. Payen et R. Lami, Phot. Bouan, Imp.

Coussinets de *Calothrix pulvinata* (Grandeur naturelle).

Source : MNHN, Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. V.

D'après des dessins originaux de E. Bornet. Bouan, Imp.

Calothrix pulvinata. — Trichomes avec hétérocystes. — Formation des hormogonies.

Source MNHN Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. VI.

Nostoc commune. — Thalles isolés (Grandeur naturelle).

J. Payen et R. Lami, Phot. Bouan, Imp.

Nostoc commune. — Trichomes avec hétérocystes intercalaires.

D'après un dessin original de E. Bornet.

Source MNHN Paris

RECHERCHES BIOCHIMIQUES SUR LES CYANOPHYCÉES. — Pl. VII.

D'après des dessins originaux de E. Bornet. Bouan, Imp.

Scytonema tolypotrichoides.
Trichome ramifié.
(Gross. 150 diam.).

Rivularia bullata. - Phases diverses de la multiplication des filaments.
(Gross. 300 f.)

Source MNHN Paris

Recherches sur la structure du noyau quiescent et sur les mitoses somatiques de quelques Fucacées

par Mme Kamala ROY

INTRODUCTION

Bien que les Fucacées constituent un matériel répandu et facile à récolter, leur étude cytologique a été très délaissée. La bibliographie de ce sujet est, en effet, très restreinte.

Il ne semble pas qu'il y ait eu jusqu'ici d'étude générale de la mitose dans la famille des Fucacées, ni même, comparativement, chez plusieurs espèces du genre *Fucus*. La division somatique semble avoir le moins attiré l'attention des chercheurs. En dehors du peu qui a été fait sur cette question par le Dr YAMANUCHI et LE TOUZÉ, nous trouvons qu'il n'y a guère de contribution à cet important aspect de la mitose.

Il m'a donc semblé utile d'aborder l'étude de la division somatique. Mon but étant une étude comparative, mon travail ne comporte pas uniquement diverses espèces de *Fucus*, mais aussi d'autres Fucacées. A ce sujet, il était nécessaire de joindre l'étude de la structure du noyau quiescent et de ses modalités chez diverses genres de la famille des Fucacées et dans les divers tissus de ces plantes.

Cette seconde étude était également désirable, car on ne trouve que très peu de renseignements dans les publications sur ce sujet.

Je dois mentionner ici que j'ai été initiée à l'intéressante étude des algues par le Professeur H.-H. BARTLETT, président du Service botanique de l'Université de Michigan. Je l'ai rencontré à l'Université des Philippines, à Manille, où il vint, en 1935, en qualité de professeur d'échange, et où je me trouvais alors comme étudiante spécialisée en botanique. Je ne puis oublier de quelle manière encourageante il di-

Source MNHN, Paris

rigea mes premiers travaux et me donna toute l'aide possible pour maintenir mon intérêt sur ce sujet. Je lui exprime maintenant toute ma gratitude. Le Professeur W.-R. TAYLOR, de la même Université de Michigan, l'éminent algologue, m'a aussi aidée en me communiquant une importante bibliographie sur ce sujet. Je lui en demeure très obligée.

A Paris, mes obligations sont nombreuses. Etrangère, peu versée dans la langue française, j'ai eu besoin d'assistance de toute sorte. A mon arrivée, M. le Professeur MOLLIARD voulut bien me suggérer d'effectuer mes travaux au Laboratoire de cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle, et m'introduisit auprès du Professeur Pierre ALLORGE, directeur de ce Laboratoire. Ce dernier m'a donné libéralement toutes facilités pour poursuivre ce travail. Il a eu également l'amabilité de bien vouloir publier ce travail dans la *Revue Algologique*, qu'il dirige. A son laboratoire, j'ai trouvé auprès de chacun un cordial accueil et un réel intérêt à l'égard de mes recherches. Je dois de sincères remerciements à M. Robert LAMI, assistant, pour son amicale collaboration, en particulier pour la récolte d'une partie du matériel que j'ai étudié, et sans l'aide duquel je n'aurais sans doute pu poursuivre ce travail. Mlle Marie CELAN, assistante à l'Université de Bucarest, qui effectue au même Laboratoire des recherches d'algologie systématique, m'a donné d'utiles conseils pour ce travail et aussi pour l'étude de la langue française. Le sous-directeur, M. Roger HEIM, MM. Gontran HAMEL et Marcel LEFÈVRE, assistants, Mme LEMOINE, attachée, M. QUINTANILHA, m'ont prodigué de nombreux et utiles conseils, et je leur exprime à tous ma vive gratitude.

Je dois aussi de sincères remerciements à M. le Professeur MANGENOT pour les conseils et suggestions qu'il a bien voulu me donner.

Je suis également très obligée envers le Professeur A. GRUVEL et M. H. BERTRAND, directeur et sous-directeur de la Station de biologie marine du Muséum, à Dinard. Pendant les quelques semaines que j'y ai passées, ils m'ont donné toutes facilités de poursuivre mes recherches dans leur laboratoire parfaitement bien équipé de tout le matériel nécessaire aux recherches de biologie marine, mais malheureusement encore trop peu connu des travailleurs étrangers. Nous avons pu, grâce au bateau à moteur de la Station, aller aux îles Chausey et récolter le *Fucus lutarius* dans la station même du type.

Finalement, je remercie ici M. le Professeur EMBERGER pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce travail et de présider cette thèse, ainsi que MM. les Professeurs MATHIAS et THOREL, ses assesseurs.

Source MNHN Paris

CHAPITRE I

HISTORIQUE

FARMER et WILLIAM (1896) se sont intéressés les premiers à cette étude. Leurs recherches ont porté tout d'abord sur des espèces du genre *Fucus : F. platycarpus, F. vesiculosus*, puis ils les ont étendues à l'*Ascophyllum nososum* et au *Pelvetia canaliculata*, matériel récolté sur les côtes d'Angleterre. Dans ce travail, limité à un nombre restreint d'espèces, ils se sont bornés à l'étude de la formation de l'œuf dans l'oogone, en particulier la troisième division, de la fécondation et de la segmentation de l'œuf. La dernière partie de ce travail a été publiée en 1898.

STRASBURGER (1897) a apporté également une importante contribution dans ce domaine. Il a récolté son matériel à Helgoland (Allemagne). Mais ses recherches se sont bornées à la troisième division de l'oogone du seul *F. platycarpus* et à la fécondation chez *F. serratus* et *F. vesiculosus*. Son travail est donc plus limité que celui de FARMER et WILLIAM.

A ces premiers investigateurs, il faut ajouter plus récemment le Dr YAMANUCHI (1909), au Japon. Son matériel avait été récolté sur les côtes atlantiques des Etats-Unis, et son travail exécuté dans ce même pays. Ses recherches se sont appliquées uniquement au *F. vesiculosus*, et notamment au comportement des chromosomes dans la division somatique et dans la division de l'oogone et de l'anthéridie. En comprenant, dans son étude, cet aspect de la division somatique des mitoses, il l'a plus approfondie que ses trois prédécesseurs pour autant qu'il s'agit d'une seule espèce. Le titre donné à son article, publié dans *The Botanical Gazette*, en 1909, « Mitosis in Fucus », est en réalité d'une portée plus restreinte et n'est que l'étude de la mitose dans le seul *F. vesiculosus*.

Un intéressant travail de LE TOUZÉ : « Contribution à l'étude des Fucacées », parut en 1911 et n'était que le début d'une étude approfondie que cet auteur se proposait de poursuivre. Malheureusement sa mort en empêcha la réalisation. A l'exception des *Cystoseira* et des *Himanthalia*, il a étudié toutes les espèces de Fucacées françaises, et notamment : *Fucus serratus, F. vesiculosus, F. platycarpus, F. ceranoides, Pelvetia canaliculata, Ascophyllum nodosum, Bifurcaria tuberculata* et *Halidrys siliquosa*.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE II

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

Bien que, ainsi que l'a écrit P. DANGEARD (1933), « il soit encore difficile actuellement de donner une classification satisfaisante des Phéophycées », il nous semble utile de localiser dans la systématique actuelle les algues que nous avons étudiées au point de vue caryologique.

Suivant la classification de J. TILDEN (1935), les plantes étudiées par nous sont des représentants des deux seules familles, *Fucaceae* et *Sargassaceae*, de l'ordre unique des Fucales, de la sous-classe des Phéophyceae.

De la famille des *Fucaceae* (ou *Fuco-Ascophyllae*), nous avons pu nous procurer et étudier :

Fucus platycarpus Thur., *F. spiralis* L.
— *vesiculosus* L.
— *lutarius* Kütz.
— *serratus* L.
Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol.
Pelvetia canaliculata (L.) Dec. et Thur.

De la famille des *Sargassaceae* (ou *Cystoseira-Sargasseae*) :

Halidrys siliquosa (L.) Lyngb.
Bifurcaria tuberculata Stackh.
Cystoseira myriophylloides Sauv.
— *granulata* (L.) Ag.
— *foeniculaceae* Grev.
— *ericoides* (L). *Ag.*

D'après LAMOUROUX (1813), SETCHELL et GARDNER (1925) et J. TILDEN (1935), la famille des *Fucaceae* a les principaux caractères végétatifs suivants : thalle pérennant de forme aplatie non différencié en axes et rameaux. Fixation par des crampons discoïdes, bien développés et massifs. Ramification pennée subdichotomique en un

Source MNHN Paris

plan. Réceptacles terminaux ou subterminaux portant des conceptacles monoïques ou dioïques. L'oogone typique produit huit œufs.

D'après les auteurs, De Toni (1895), Setchell et Gardner (1925), J. Tilden (1935), la famille des *Sargassaceae* se caractérise ainsi : Frondes différenciées en crampons et stipe, plus ou moins distinct d'un axe principal de la fronde, qui supporte des rameaux diversement différenciés, quelquefois foliacés, situés autour de l'axe et qui le dépassent généralement beaucoup. Stipe et axe principal pérennants; région de croissance, peu distincte, à l'extrémité du rachis. Les rameaux primaires fructifient puis se détruisent en laissant des cicatrices sur l'axe. Les réceptacles sont petits, cylindriques ou légèrement aplatis, terminaux ou subterminaux. L'oogone produit un seul œuf.

Selon certains auteurs, en particulier Le Touzé (1911), le thalle des *Fucus* est constitué de deux tissus distincts. L'un est appelé le tissu central formé de cellules allongées ou hyphes. Le second est appelé tissu pariétal ou épidermique et entoure le premier. Ceci peut être considéré comme une conception déjà ancienne; actuellement, on admet généralement que l'on doit distinguer trois tissus principaux. La façon de voir de Van Tieghem (1898) en ce qui concerne toutes les plantes vasculaires peut être conservée au sujet des *Fucus*. C'est ainsi qu'il dit : « Le corps des plantes vasculaires... est formé de trois régions principales : une externe, une moyenne et une interne. La région externe, limitant le corps vis-à-vis du milieu extérieur, est ce qu'on nomme l'épiderme. La région moyenne est ce qu'on nomme l'écorce. La région interne, qui est aussi la plus importante... est la région stellique. » Cette opinion est soutenue par des auteurs modernes, tels que Holtz (1903), Oltmanns (1923) et Dangeard (1933). Toutefois, les deux façons de voir ne diffèrent que peu au fond. Dans la première opinion le tissu central a un sens général. Le second fait deux divisions dans ce tissu et leur donne le nom d'écorce pour l'une et de moelle pour l'autre. Nous suivrons cette dernière classification qui maintient trois tissus principaux dans l'appareil végétatif des Fucacées.

EPIDERME.

Le plus grand pouvoir de multiplication s'observe dans les cellules épidermiques. Ces cellules sont gorgées, de façon très dense, de chromatophores, de plastes, de physodes et autres granulations figurées. Elles possèdent la faculté de se multiplier par des divisions radiales et périclinales produisant des cellules basales filles qui s'ajoutent à l'écorce et amènent la croissance en épaisseur.

Source MNHN Paris

SOMMET VÉGÉTATIF.

Je n'ai pu observer de point de croissance nettement défini à l'extrémité des rameaux âgés du thalle. Il peut y avoir cependant croissance et division cellulaire dans la région des cellules corticales externes, mais principalement vers l'extrémité de la portion la plus jeune du rameau et dont les tissus sont les moins coriaces. A l'extrémité des jeunes thalles une légère dépression ou une invagination plus ou moins marquée peut exister et s'observe quelquefois aussi à l'extrémité des plus vieilles frondes qui sont sur le point de s'accroître. Dans une section longitudinale, on y remarque une grande cellule apicale localisée à la base de l'invagination; cette cellule apicale est une cellule épidermique. Le noyau relativement de grande taille remplit à lui seul presque toute la cellule qui ne contient que peu d'organites cytoplasmiques. Le plus grand pouvoir de croissance se trouve dans cette région remarquable.

ECORCE.

En-dessous de l'épiderme, existent six à sept rangées de cellules de taille et de forme variées. Ces cellules, très allongées, contiennent moins de chromatophores que les cellules épidermiques. Elles sont connues sous le nom de cellules corticales et constituent l'écorce. Elles semblent posséder la faculté de se diviser activement.

D'un bout à l'autre de la plante les cellules corticales externes sont capables de division et constituent une sorte de cambium périphérique. Ceci est vrai pour les Fucacées uniquement, non pour les Cystoseirées.

MOELLE.

La moelle se distingue par le fait que ses cellules, plus ou moins unies en réseau, sont largement écartées par une gelée intercellulaire, et également par le fait que cette gelée ne se colore pas autant que la gelée intracellulaire de l'écorce. Les membranes de la moelle se colorent moins aussi que les autres membranes cellulaires. Le caractère de ces dernières est peut-être dû à leur relative minceur. Les cellules de la moelle ne semblent pas pouvoir se diviser.

CONCEPTACLES.

Les conceptacles sont formés par quelques cellules épidermiques contiguës. Elles repoussent les cellules basales qui sont méristématiques. Les divisions mitosiques sont généralement très rapides dans le développement des conceptacles.

Source MNHN, Paris

NOYAU.

Chaque cellule ne possède qu'un noyau. Cependant, OLTMANNS (1904) prétend que les cellules du tissu central contiennent souvent un grand nombre de noyaux. Nous ne pouvons accepter cette affirmation, car nous n'avons pas observé un seul cas de cet ordre dans l'étude de notre matériel. Nous ne pouvons comprendre OLTMANNS qu'en supposant qu'il a confondu avec des noyaux certains grains de réserve qui ont, il est vrai, quelque ressemblance avec eux. Dans ce désaccord nous sommes du même avis que SCHMITZ (1879) et HANSTEEN (1892).

Le noyau est situé dans la masse protoplasmique de la cellule et en est limité par la fine membrane qui constitue la membrane nucléaire. Il est nettement visible, même sur le frais, par sa réfringence plus élevée que celle du protoplasma environnant.

Dans les tissus de Fucacées, comme dans la plupart des tissus végétaux, les noyaux au repos sont de deux types : noyaux à l'état de repos définitif et noyaux interphasiques.

NOYAUX A L'ÉTAT DE REPOS DÉFINITIF.

Les noyaux de cette sorte sont de vieux noyaux. Ils sont dans un état où ils ont perdu tout pouvoir de division, à une phase quiescente définitive. Ils se rencontrent au-dessous des tissus méristématiques et sont généralement plus petits que les noyaux interphasiques. Leurs nucléoles sont aussi comparativement plus petits que les nucléoles des derniers. Si j'ai choisi la dénomination de noyaux à l'état de repos définitif, c'est parce qu'ils représentent un état qui est définitivement fixé.

NOYAUX INTERPHASIQUES.

Les noyaux de cette sorte sont aussi appelés noyaux karyosomiques. Cette dénomination est due au fait qu'ils sont caractérisés par un seul et grand nucléole central appelé karyosome (BELAR, K., 1926). On les rencontre dans la région méristématique, tandis que les noyaux à l'état de repos définitif sont au-dessous de cette région. On les observe aussi dans les cellules de la phase précoce des conceptacles et des cryptostomates, et à la base des poils des Fucacées, mais dans le *Fucus lutarius* les noyaux dans tous les poils sont presque de même taille et forme. Il est très difficile de les différencier les uns des autres.

Les anciens auteurs, SCHUSSNIG et JAHODA (1927), avaient

Source MNHN, Paris

l'habitude de dire que cet état d'un noyau est caractérisé par les conditions suivantes :

1° Qu'il consiste partiellement ou entièrement en chromatine. Ceci implique qu'il a pris part à la formation des chromosomes;

2° Qu'il contient un centriole et qu'il est, par conséquent, en rapport avec la formation du réseau.

Mais un examen approfondi récent a montré qu'il n'y a presque pas de noyaux intraphasiques dans ces conditions. J. DOUTRELIGNE (1933) a parfaitement décrit les caractéristiques des noyaux de cette sorte. Dans son travail sur les chromosomes et les nucléoles dans les noyaux du type euchromocentrique, elle dit : « La notion de « noyau interphasique » comporte un double élément :

1° D'accord avec les auteurs, nous désignons sous ce nom les noyaux appartenant à un tissu méristématique où le cloisonnement est actif par opposition aux noyaux qui ne sont plus appelés à se diviser et qu'on trouve dans la coiffe et dans la région d'étirement.

2° En outre, le terme « interphasique » caractérise théoriquement les noyaux méristématiques pendant la période qui se place après l'achèvement des transformations télophasiques qui les subissent à la fin d'une cinèse suivante. Mais il y a là précisément un point qui prête à discussion, c'est-à-dire le point de savoir s'il y a toujours, dans le tissu méristématique, un stade de durée appréciable durant lequel les chromosomes qui composent le noyau ne subiraient plus aucune modification de « régression » télophasique, sans être cependant entrés dans la période de « reconstitution » prophasique. Sans trancher ce point, nous désignerons sous le nom d'interphase l'aspect auquel on aboutit, si on « descend » progressivement le cours des phénomènes télophasiques et qu'en même temps on « remonte » progressivement le cours des phénomènes prophasiques. »

Si nous avons fait cette longue citation, c'est parce qu'elle contient une explication claire de l'état intraphasique du noyau ou noyau karyosomique, comme on peut l'appeler, explication avec laquelle nous sommes en plein accord.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE III

MATÉRIEL ET TECHNIQUE

Le matériel ayant servi à nos recherches provient presque exclusivement de Dinard, sur la côte nord de Bretagne, et de ses environs, en particulier de Saint-Enogat où nous avons trouvé en abondance du matériel varié. Outre les récoltes faites à Dinard, j'ai pu, à la faveur d'une excursion organisée par le Laboratoire, faire de nouvelles récoltes à la grande île de Chausey, en particulier celle de *Fucus lutarius* Ktz., dont c'est la station du type.

Des récoltes de matériel ont été faites à différentes époques et dans des conditions différentes : à la fin d'avril, au début de mai, en juillet et en août. Selon les possibilités, nous les avons faites à différents moments du jour et de la nuit. Dans de nombreux cas elles ont ont été cueillies et fixées sur place immédiatement, car nous emportions avec nous les réactifs nécessaires. Autrement, nous rapportions toutes les plantes au Laboratoire maritime et, après les avoir triées, nous les avons conservées un temps variable dans de l'eau de mer, puis nous prélevions des fragments et les fixions. Les récoltes furent faites tant à mer haute qu'à mer basse pour avoir des plantes ayant subi une immersion ou une exondation de durée variable.

Tous ces différents matériaux ont été étudiés et les résultats obtenus soigneusement observés et comparés. Ces travaux ont montré quelques points intéressants et importants, en particulier l'existence d'une étroite relation entre la fréquence des mitoses somatiques dans les parties jeunes des thalles, et les conditions extérieures. Les mitoses ont été trouvées abondamment dans les plantes récoltées une ou deux heures après avoir été recouvertes par la marée. Ce fait a été également noté par FARMER et WILLIAMS et par YAMANUCHI. J'ai observé encore un autre point important non mentionné par aucun des savants précédents. Des mitoses nombreuses peuvent être observées également dans des plantes, *Fucus* principalement, qui, exondées à basse mer, ont été récoltées entières avec toute leur base et conservées pendant 1 heure 1/2 dans une quantité suffisante d'eau de mer. Il faut insister ici sur l'intégrité de tout leur thalle, car des plantes recueillies dans

Source MNHN Paris

d'autres conditions n'ont pas donné du tout le même résultat, malgré de nombreux essais infructueux effectués dans des conditions variées.

Les résultats présentés dans ce travail résultent de recherches sur certaines Fucacées des côtes françaises. Les espèces suivantes ont été étudiées :

Cystoseira foeniculaceae Grev., *Cystoseira myriophylloides* Sauv., *Cystoseira granulata* (L.) Ag., *Cystoseira ericoides* Ag.. *Fucus serratus* L., *Fucus platycarpus* Thur., *Fucus vesiculosus* L., *Fucus lutarius* Kütz., *Pelvetia canaliculata* (L.) Dcne et Thur., *Ascophyllum nodosum* (L.) Lejol., *Bifurcaria tuberculata* Stackh., et *Halidrys siliquosa* (L.) Lyngb.

FIXATION

J'ai utilisé, pour la fixation, les diverses solutions suivantes :

1. *Liquide de Helly* (Zenker formolé sans sulfate de sodium) :

Eau distillée	100 cc.
Chlorure de mercure	5 cc.
Bichromate de potasse	2,5 gr.
Formol commercial	10 cc.

2. *Liquide de Navaschin* (d'après BRUN) :

A. Acide chromique	2 gr.
Acide acétique	20 gr.
Eau distillée	130 cc.
B. Formol	37 cc.
Eau distillée	150 cc.

A et B sont préparés séparément, puis mélangés au moment de leur emploi. Le mélange ne se conserve pas longtemps.

3. *Liquide de Bouin à l'eau de mer :*

Solution saturée d'acide picrique dans l'eau de mer	75 cc.
Formol	25 cc.
Acide acétique	2 cc.

4. *Liquide de Bouin :*

Solution aqueuse saturée d'acide picrique	30 cc.
Formol à 40 %	10 cc.
Acide acétique cristallisable	2 cc.

Source MNHN Paris

5. *Liquide de Flemming faible :*

A. Acide chromique à 1 % (dans l'eau distillée). 25 cc.
Acide acétique glacial à 1 % (dans l'eau distillée) ..... 10 cc.
Eau distillée ..... 55 cc.

B. Acide osmique à 1 % (dans l'eau distillée). 10 cc.

Le mélange de A et B n'est fait qu'au moment de l'emploi.

6. *Liquide de Flemming fort :*

Acide osmique à 1 % ..... 8 cc.
Acide chromique à 1 % ..... 15 cc.
Acide acétique à 1 % ..... 1 cc.

Mélangés seulement au moment de l'emploi.

7. *Formol à l'eau de mer :*

Formol neutralisé au borate de soude..... 1 cc.
Eau de mer ..... 10 cc.

N. B. — Pour quelques fixateurs l'eau distillée a été utilisée, tandis que pour d'autres l'eau de mer a été employée avec des résultats semblables.

La perfection de la coloration des préparations varie suivant le fixateur employé, et l'on doit insister sur l'existence de réactions particulières entre le matériel fixé avec un certain fixateur et les réactifs employés pour la coloration.

Au cours de mes recherches il a été constaté que la coloration à l'hématoxyline et au Feulgen était extrêmement satisfaisante lorsque le matériel avait été fixé au liquide de Navaschin. Cette combinaison a donné de bons résultats pour toutes les espèces étudiées.

Les liquides de Flemming fort ou faible sont, dans l'ensemble, satisfaisants, bien que n'agissant pas de même pour tout le matériel. Je crois qu'en matière de coloration il vient immédiatement après le Navaschin.

Le liquide de Helly se comporte également bien, tant avec l'hématoxyline qu'avec le Feulgen. Un inconvénient se manifeste qui détruit cet avantage : la contraction épidermique.

Dans certains cas le matériel fixé aux liquides de Bouin a montré de bonnes colorations à l'hématoxyline, mais la coloration de Feulgen ne réussit pas après l'action de ces fixateurs.

Ceci a été également remarqué récemment par L. Lison. Cet auteur indique dans son « Histochimie animale, méthodes et problèmes » (1936) que les sujets fixés au Bouin ne peuvent être colorés au Feulgen.

Source MNHN, Paris

Il a été souvent indiqué que le formol neutre était un excellent fixateur pour les algues vertes. Mais nous ne l'avons trouvé nullement approprié aux Fucacées. Après fixation au formol à 10 %, les noyaux colorés paraissaient très homogènes, leur structure interne n'est plus guère visible, les nucléoles mêmes disparaissant presque entièrement.

La durée des fixations a varié de vingt-quatre à quarante-huit heures. Dans quelques cas, vingt-quatre heures suffisent. Après fixation, le matériel a été lavé à l'eau courante pendant 24 heures, exception faite pour celui fixé au Bouin, qui a été directement passé aux alcools.

INCLUSION

J'ai utilisé, pour tout le matériel étudié, la méthode usuelle à la paraffine. Cette inclusion était particulièrement longue lorsqu'il s'agissait des *Fucus* dont l'épiderme dur est peu perméable. Il n'en est pas de même des *Cystoseira*. Les *Fucus* étaient inclus à la paraffine à 54-55° C; pour les *Cystoseira* une paraffine d'un point de fusion un peu inférieur (52° C) convient. Cette dernière peut être appliquée aux *Fucus* en hiver, mais non en été.

COLORATION

Les méthodes suivantes de coloration ont été employées :

1. Hématoxyline aqueuse ferrique de Heidenhain (1).
2. Hématoxyline glyco-alcoolique ferrique (2).
3. Hématoxyline de Mallory.
4. Coloration de Feulgen.

Tout notre matériel a été coloré avec chacune de ces quatre méthodes.

En ce qui concerne la coloration à l'hématoxyline, cette dernière se fixe dans les tissus fixés, surtout dans ceux du noyau, non seulement à cause de leur contenu en sels organiques et inorganiques, mais sans doute à cause de la présence d'autres éléments organiques apparte-

(1) Eau distillée	100
Hématoxyline	0,5
Cette solution aqueuse est bonne à l'emploi après six semaines.	
(2) Hématoxyline de Grübler	1
Alcool à 95°	10
Glycérine	10
Eau distillée	80
Cette solution est bonne à l'emploi après deux mois.	

Source MNHN, Paris

nant en propre aux tissus. Ces sels se fixent dans les tissus par l'action des fixateurs et diffèrent selon la nature de ces derniers. De l'action du colorant résulte une combinaison chimique, qui elle aussi peut différer. Les résultats sont excellents en employant l'hématoxyline glycoalcoolique après n'importe quel fixateur, tandis qu'il n'en est pas de même avec l'hématoxyline aqueuse.

On sait que les colorations nucléaires suivant la technique de Feulgen ont été inventées pour donner une image facilement visible de la constitution du noyau, mais qu'elles donnent aussi une appréciation, plus ou moins parfaite, de la teneur en chromatine. D'après WERMEL, les nucléoles ne réagissent que lorsqu'il y a une faute dans la technique de coloration. Bien que nous ayons pris toutes les précautions recommandées, nous avons remarqué parfois que certaines membranes cellulaires, des hyphes de la moelle et les cuticules des cellules épidermiques, étaient colorées et que quelquefois les nucléoles avaient une légère réaction positive. Mais après le fixateur de FLEMMING, suivi de l'action de l'eau oxygénée, la réaction ne se produit pas. Nous avons noté encore un autre fait : le noyau quiescent ne réagit quelquefois pas. En tout cas, même lorsque la structure de la chromatine était suffisamment déterminée par des observations morphologiques, la coloration de Feulgen se montre très utile pour la coloration du noyau. Ceci a été remarqué également par WESTBROOK (1930) dans son travail sur les Floridées, car il peut arriver qu'il ne soit pas facile de différencier les noyaux par le moyen de l'hématoxyline.

Il a été recommandé de fixer le matériel avec du sublimé acétique et d'éviter avec soin les réactifs fortement oxydants. Mais si après l'emploi du fixateur le lavage a été soigneusement fait, l'emploi de formol dans un fixateur ne gêne pas la réaction.

Les coupes au microtome ont été collées aux lames à l'albumine d'œuf. En aucun cas la gélatine, même formolée ultérieurement, ne peut être substituée à l'albumine de l'œuf, car si les préparations collées à la gélatine sont maintenues dans de l'acide chlorhydrique normal à 60° C, les coupes se détachent des lames avec facilité.

Après collage, les coupes étaient passées au toluène, puis aux alcools, ensuite à l'eau et finalement à l'acide chlorhydrique normal à 60° C.

Par cette méthode, l'acide thymo-nucléique de la chromatine est dédoublé en bases puriques et acide thymique. Ce dernier est très soluble dans l'eau, mais il laisse des résidus insolubles contenant des groupes libres d'aldéhyde. La Fuchsine sulfitée de SCHIFF réagit avec les aldéhydes en donnant des produits de condensation d'un rouge

Source MNHN Paris

violacé plus ou moins intense. Dans le noyau, l'apparition de cette coloration révèle donc la présence de chromatine et la coloration est spécifique pour le complexe acide thymo-nucléique.

Tous les fixateurs cités plus haut ont été employés avec succès, sauf le Bouin. La chromatine nucléaire a pris une coloration rouge violet, tandis que le nucléole et le fond restaient incolores. Il faut ajouter ici que, en dehors du noyau, certaines réserves protoplasmiques des cellules âgées et des membranes cellulaires, en particulier la cuticule épidermique, réagissaient positivement en prenant une coloration rose. Dans les cellules où les noyaux sont très petits ces derniers se colorent d'une façon presque homogène et offrent une structure peu nette, ce qui est peut-être dû à une diffusion de la coloration ou à une action peu favorable de l'hydrolyse. Seuls les plus grands noyaux montrent des granules.

Nous avons aussi observé que l'intensité de la coloration augmentait et que les chromosomes étaient fortement colorées dans toutes les divisions, telles que prophase, métaphase, anaphase et télophase.

La technique de la coloration de Feulgen dérive des réactions chimiques indiquées ci-dessus. Nous avons utilisé la méthode suivante dont nous sommes redevables à BAUR (1932), WESTBROOK (1930) et DOUTRELIGNE (1933) :

1° Eliminer la paraffine des coupes par le toluène et les passer successivement aux divers alcools de 100° à 30°.

2° Lavage à l'eau courante pendant environ 10 minutes.

3° Hydrolyser par l'acide chlorhydrique normal :

a) D'abord dans HCl normal à froid..... 1 minute.

b) Puis dans HCl normal à 60° C, dans un tube Borrel bien fermé.

Après fixation par	Helly.....	pendant	20 minutes.
—	Navaschin	—	16 —
—	Flemming fort et faible.	—	16 —
—	formol	—	16 —

Les durées ci-dessus sont les meilleures pour les *Fucus*, tandis que pour les *Cystoseira* 15 minutes suffisent, quelque soit le fixateur.

4° Traiter à froid par HCl normal pendant..... 1 minute.

5° Colorer à la Fuchsine décolorée; pour les *Cystoseira* pendant 2 heures et pour les *Fucus* 3 heures, dans un tube Borrel bien fermé.

6° Lavage à l'eau bisulfitée fraîchement préparée (dans trois bains successifs) pendant environ 15 minutes.

Source MNHN, Paris

Eau distillée	200 cc.
Bisulfite de soude sec.....	1 gr.
HCl normal	10 cc.

7° Laver à l'eau courante pendant environ 10 minutes.

8° Passer aux alcools de 30° à 100°, puis au toluène.

9° Monter avec du Dammar préférablement au baume du Canada (1).

Le matériel fixé au Helly est passé au Lugol faible (2) pendant 5 minutes, puis à l'hyposulfite de soude à 0,5 % pendant 10 minutes. Ensuite, rincé à l'eau et placé dans l'acide chlorhydrique normal.

Le matériel fixé au Flemming a été blanchi à l'eau oxygénée, tant pour les colorations à l'hématoxyline qu'à celle de Feulgen.

Pour nous rendre compte rapidement de la présence de mitoses dans le matériel, nous avons employé avec de bons résultats l'hématoxyline de Mallory. Le résultat est ainsi obtenu en 20-25 minutes.

La technique employée était la suivante :

1° Mordançage sur lame pendant 15 minutes au perchlorure de fer à 10 %, qui est rejeté.

2° Sans laver, les coupes sont recouvertes d'une solution d'hématoxyline à l'eau pendant 8 minutes (3).

3° Lavage à l'eau.

4° Différenciation au perchlorure de fer à 0,25 % pendant quelques minutes.

5° Passer aux alcools puis au toluène.

6° Monter au baume du Canada.

Cette coloration bien conduite ne colore que la chromatine, et nous avons obtenu de très bons résultats. Le matériel fixé au formol ne convient cependant pas pour cette coloration.

---

(1) *Réactif de Feulgen :*

Eau distillée	200 cc.
Fuchsine basique	1 gr.
Bisulfite de sodium en poudre.....	1 gr.

Eau bouillie versée sur la fuchsine. Puis filtrage et température abaissée à 50° C. Puis addition de HCl. La température est abaissée à 25° C. Puis addition de bisulfite. Conservation dans une bouteille bien bouchée. Après décoloration qui se poursuit pendant environ 24 heures, le liquide est prêt à l'emploi.

(2) *Lugol faible :*

Eau distillée	100 cc.
Iodure de potassium	2 gr.
Lugol ordinaire	3 gr.

(3) Poudre d'hématoxyline dissoute dans l'eau bouillante préparée juste avant l'emploi. Les proportions exactes importent peu; environ « une pointe de couteau » dans un demi-tube à essai d'eau distillée. Si l'hématoxyline précipite sur les lames, il est nécessaire de changer de nouveau le liquide.

Source MNHN, Paris

OBSERVATIONS SUR LE NOYAU VIVANT

Nous avons fait quelques observations sur le noyau vivant. Nous l'avons examiné avec et sans coloration des préparations. Dans ce dernier cas, nous avons employé quelques gouttes de bleu de crésyle à 10 % dans quelques centimètres cubes d'eau de mer. Le bleu de crésyle provoque des colorations cytoplasmiques, mais non nucléaires. Le noyau des cellules des poils a été étudié avec et sans coloration.

OPTIQUE ET DESSINS

Toutes mes observations ont été faites avec une optique comprenant l'objectif à immersion de 1/18e de Nachet et l'oculaire × 10. Les dessins furent tous faits à la chambre claire et grossis ultérieurement pour l'illustration.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE IV

LE NOYAU CHEZ LES CYSTOSEIRA

I. — *CYSTOSEIRA FOENICULACEAE* Grev.

Cette espèce, souvent confondue avec *C. discors*, espèce méridionale, est une belle plante cespiteuse. Elle se différencie aisément des autres *Cystoseira* de la Manche par sa courte tige et par ses rameaux allongés, distiques, et plus ou moins comprimés. Les rameaux principaux sont rudes et pourvus d'aspérités. Vers la base se rencontre des rameaux courts, plus ou moins foliacés. Les vésicules, qui manquent parfois, sont isolées ou en courtes chaînes.

Dans la Manche, particulièrement dans la région de Dinard où nous avons récolté les individus étudiés, le *Cystoseira foeniculaceae* ne se rencontre que dans les cuvettes des zones moyennes et inférieures de la marée, où il n'est pas rare, car cette plante ne supporte jamais l'exondation à marée basse.

Pour l'étude de ce matériel, nous avons essayé tous les fixateurs cités antérieurement : Flemming (faible), Navaschin, Bouin, Helly et le formol. Nous avons obtenu les résultats les plus satisfaisants avec le Flemming et le Navaschin. Le Helly contracte ce matériel, les cellules se tassent empêchant d'observer clairement leur contenu. Le Bouin ne nous a pas donné de très bons résultats même pour la coloration à l'hématoxyline. Les essais avec le formol nous ont donné les résultats les moins satisfaisants : lorsque le matériel était fixé par ce moyen, l'action de l'hématoxyline ou du Feulgen colorait le noyau d'une façon presque homogène. Il était par suite impossible de faire une distinction entre les nucléoles et les granules de chromatine.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Dans cette région, les noyaux sont exceptionnellement grands, et leur taille varie de 6 à 11 μ. Ils remplissent parfois presque toute la

Source MNHN, Paris

moitié inférieure des cellules en palissades, qui constituent l'épiderme du thalle. De forme ronde ou un peu ovale, ils sont entourés d'une masse distincte de protoplasme.

Nucléole. — La plus grande partie du contenu du noyau consiste en un grand nucléole sphérique, quelquefois deux (Pl. II, fig. 2). La taille de ce nucléole varie de 2 à 5 μ. L'ensemble des noyaux dans la région méristématique présente tout le caractère frappant de ce type de noyau. La coloration à l'hématoxyline, telle que nous l'employons, donne aux nucléoles une teinte très foncée, mais pas homogène. La portion centrale n'est généralement pas colorée aussi fortement que la périphérie (Pl. II, fig. 1). Dans les coupes fixées et colorées, le nucléole est entouré d'un espace incolore, aréole périnucléolaire, qui nous semble probablement dû à une contraction du nucléole par la technique employée. En effet, l'examen vital du matériel frais ne permet pas d'apercevoir trace de cette aréole.

Réseau nucléaire. — La partie du noyau que nous qualifions de réseau est caractérisée par sa nature extrêmement indistincte. Elle est à peine discernable dans la plupart des cas; ce n'est que très rarement qu'elle est faiblement visible. Il est difficile, pour cette raison, d'en donner une description satisfaisante (Pl. II, fig. 1). De couleur grisâtre, elle occupe toute la cavité du noyau. Aucun fixateur, quelle que soit la coloration subséquente employée, n'a pu la mettre clairement en évidence, et il nous a été impossible de déterminer son exacte relation avec un reticulum nucléaire général. Dans le matériel frais, il est pratiquement indiscernable.

Granules de chromatine. — A l'extérieur du nucléole, nous trouvons les granules de chromatine dispersés sur le réseau et le long de la membrane nucléaire. Ces granules sont extrêmement fins et menus. Ils se colorent en noir franc par l'hématoxyline. Ces granules sont certainement constitués par la chromatine, car le Feulgen, qui est un spécifique de la chromatine, donne dans ces noyaux une image rose clair identique à l'image noire obtenue avec l'hématoxyline (Pl. II, fig. 1).

Membrane nucléaire. — Il n'est pas possible de distinguer clairement la membrane nucléaire, sans doute fort mince, située entre le contenu nucléaire granuleux et le cytoplasme extérieur et ses inclusions. On ne peut la distinguer que faiblement et fort peu distinctement.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Le matériel coloré au Feulgen a donné des résultats satisfaisants après fixation au Flemming et au Navaschin. Il a été déjà exposé que

Source MNHN, Paris

le Feulgen agit seulement sur la chromatine et ne colore jamais le nucléole. Ce fait donne la possibilité de contrôler quelle est la portion chromatique du noyau. Nous avons trouvé dans certains cas que, lorsque le matériel était coloré à l'hématoxyline, la partie centrale du nucléole était colorée plus légèrement que la périphérie, tandis que dans d'autres cas elle était colorée d'une façon plus homogène. D'autre part, la portion centrale était colorée en jaune verdâtre et la périphérie en verdâtre clair. Cette légère coloration n'implique en rien la présence de substance nucléolaire de la nature de la chromatine, car le Feulgen nous montre le nucléole parfaitement incolore. Un aspect similaire a été observé par MARTENS (1925), dans le noyau vivant de phanérogames.

Avec la coloration de Feulgen, la structure particulière intranucléaire connue comme réseau n'a pas été colorée d'une façon homogène. La membrane nucléaire présentait, par contre, une très légère coloration.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) MATÉRIEL COLORÉ A L'HÉMATOXYLINE.

Dans la région épidermique, les noyaux sont ronds ou ovales. Plus petits que dans la région du point végétatif, leur taille varie de 3 à 4 μ. En dehors du noyau, les cellules étant bourrées d'éléments figurés, tels que physodes, chromatophores et autres organites cytoplasmiques, il est quelquefois impossible de voir nettement le noyau dans les cellules épidermiques, à cause de la présence de ces substances qui le masquent quelquefois presque totalement.

Nucléole. — Dans le noyau épidermique, les nucléoles ne sont pas exceptionnellement grands comme dans les cellules du point végétatif. Leur taille varie environ de 0,60 à 1 1/2 μ. Comparativement aux dimensions du noyau, ces nucléoles sont extrêmement petits. Ils sont généralement de forme ovale. Dans ce cas aussi on peut rencontrer deux nucléoles par noyau, mais rarement. Colorés à l'hématoxyline, les nucléoles prennent une coloration foncée, mais pas toujours homogène. Comme au point végétatif, sur les coupes colorées, le nucléole est entouré d'une aréole claire et incolore (Pl. I, fig. 3).

Granules de chromatine. — Dans les noyaux de l'épiderme, les granules de chromatine sont beaucoup plus gros qu'au point végétatif. Ils sont cependant en très grand nombre (Pl. I, fig. 3).

Réseau. — Etant donné le très grand nombre de granules de chromatine et leur dimension, il est impossible de voir s'il existe une structure réticulaire de la partie achromatique du noyau (Pl. I, fig. 3).

Source MNHN Paris

Membrane nucléaire. — La membrane nucléaire est visible lorsqu'il n'existe pas de substances figurées cytoplasmiques telles que physodes, chromatophores, etc., dans son voisinage immédiat. Contre la partie interne de la membrane, de nombreux granules de chromatine sont étroitement appliqués. Elle est épaisse et prend une coloration foncée à l'hématoxyline.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Avec le Feulgen, le résultat a été pratiquement le même pour le noyau épidermique que pour le noyau du point végétatif. Nous devons cependant ajouter que les granules de chromatine, qui sont plus grands dans les noyaux de cette région, se colorent en rose plus intense.

III. *NOYAU DE L'ECORCE.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Plus variable de forme, les noyaux de cette région sont généralement ronds, ovales ou allongés. Leur taille varie de 2 à 5 μ. Les cellules qui les possèdent sont plus claires, peu fournies en éléments figurés, tels que physodes, chromatophores et autres organites cytoplasmiques.

Nucléole, granules de chromatine, etc... — Ici, le nucléole est proportionnellement beaucoup plus petit, encore plus petit que dans la région épidermique. Les granules de chromatine sont peu nombreux. On les trouve sur la membrane nucléaire et sur le réseau. La membrane nucléaire est extrêmement mince; le réseau est à peine visible (Pl. I, fig. 4).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Le résultat est pratiquement le même au Feulgen pour le noyau cortical que pour le noyau du point végétatif et le noyau épidermique: les nucléoles sont incolores, et les grains de chromatine ont la même apparence qu'après coloration à l'hématoxyline.

IV. *NOYAU DE LA MOELLE.*

Dans la région de la moelle, les noyaux, soit à l'hématoxyline, soit au Feulgen, diffèrent assez peu de ceux de la région corticale. Nous pouvons dire qu'ils sont identiques par leur forme et par leur taille, mais ils sont plus minces et plus clairs dans la moelle et offrent l'apparence d'être plus pauvres en chromatine (Pl. I, fig. 5).

Source MNHN Paris

B. — Mitose somatique

Un certain nombre de nos préparations nous ont présenté des noyaux à divers stades de division.

1) *Prophase.* — En prophase précoce, la structure du noyau change et on voit apparaître une structure qui ressemble à des fragments d'abord peu distincts de filaments plus gros à certains points et plus minces à d'autres (Pl. II, fig. 2). Le nucléole reste visible pendant cette phase. Ultérieurement, la chromatine filamenteuse épaissit graduellement et devient nodulaire. Cette structure, qui paraissait continue, commence lentement à se tasser, puis se transforme en plusieurs éléments bien distincts et plus régulièrement allongés. C'est là, en somme, l'individualisation des chromosomes qui présentent une forme en anse courte. A ce stade, le nucléole n'est plus visible. La membrane nucléaire commence à disparaître. Après coloration à l'hématoxyline, le nucléole et la chromatine filamenteuse de la prophase précoce ont des teintes distinctes. En prophase tardive, les structures allongées des chromosomes individualisés sont très nettes. Mais ces chromosomes sont de très petite dimension et sont très nombreux, et leur numération exacte est impossible.

Colorées au Feulgen, les préparations montrent des chromosomes colorés en rose foncé, et l'espace intermédiaire entre eux prend une coloration rose pâle, ce qui peut être dû à une diffusion du colorant plutôt qu'à une diffusion de la nucléine.

2) *Métaphase.* — A ce stade, les chromosomes de la prophase tardive s'amassent graduellement vers une position équatoriale. Au stade le plus précoce, il est difficile de distinguer le fuseau qui, par suite, apparaît lentement. Le fuseau se forme à partir des pôles d'où les fibres se prolongent pour atteindre les chromosomes qui se massent en plaque dans la région équatoriale. La plaque équatoriale est alors formée (Pl. II, fig. 3). Les chromosomes, très nombreux, apparaissent dans cette région assez indistinctement quand on regarde transversalement la plaque. Mais quand on les observe dans l'axe des pôles, ils apparaissent aussi distincts que dans le stade de prophase tardive. Quand ils sont colorés à l'hématoxyline, ils révèlent clairement leur taille et leur forme individuelles dans la plupart des cas. Nous en avons eu de bonnes colorations au Feulgen; les chromosomes étaient colorés en rose foncé.

En métaphase tardive, chacun des nombreux chromosomes se sépare en deux, ce qui double leur nombre, et ils se séparent en deux groupes distincts de chromosomes filles.

Source MNHN Paris

3) *Anaphase.* — A ce stade, les deux groupes de chromosomes filles commencent à s'éloigner de leurs positions et émigrent lentement chacun vers un pôle. Ils sont aidés dans ce voyage, soit par une rétraction des fibres en fuseau, soit plutôt parce que la structure orientée les guide dans un sens de moindre résistance. Coloré à l'hématoxyline, ce fuseau fibreux est d'une teinte gris clair, tandis qu'au Feulgen il est parfaitement invisible.

4) *Télophase.* — A ce stade, les deux groupes de chromosomes filles atteignent les pôles et ne sont plus disposés en un plan. A chaque pôle, ils se sont rassemblés en un amas plus ou moins irrégulièrement sphérique. Ces amas, colorés à l'hématoxyline, ont une couleur homogène très noire. On ne peut plus distinguer les chromosomes les uns des autres, quoique, çà et là, on puisse apercevoir un ou deux chromosomes quelque peu isolés de la masse. L'extrémité des bras de certains chromosomes fait saillie en dehors de l'amas chromosomique et appartient à des chromosomes plus lents dans leur voyage commun. Pendant la formation progressive de ces amas, les fibres en fuseau commencent à disparaître. Une nouvelle paroi cellulaire commence à se montrer entre les deux noyaux en formation. Cette paroi cellulaire est probablement dérivée de l'action interne du suc nucléaire ou de la vacuolation du cytoplasme environnant. Les deux amas se gonflent lentement en reconstituant les noyaux avec leur membrane, leurs granulations de chromatine et un ou deux nucléoles, sans qu'il soit possible de préciser le mécanisme de cette reconstitution, vu la trop faible taille des noyaux. La mitose typique s'achève ainsi chez ce *Cystoseira.*

÷

II. — *CYSTOSEIRA MYRIOPHYLLOIDES* Sauvageau

Ce *Cystoseira* cespiteux n'atteint, dans la Manche, qu'une petite taille, inférieure à celle des autres espèces du genre. Son port est bien caractéristique et le fait aisément reconnaître : sa tige principale, dressée, est courte; les tiges secondaires portent des rameaux arrondis et s'écartent souvent en rosette. Il n'existe pas de rameaux foliacés. Aucune partie de cette plante n'est iridescente.

Cette espèce, qui ne supporte pas l'exondation, est localisée dans les cuvettes de la zone supérieure de la marée, tout au moins dans la région malouine où nous avons récolté les individus étudiés. Dans les cuvettes les plus hautes, elle est le seul *Cystoseira* existant; plus bas, elle peut se rencontrer avec *C. foeniculaceae* et *C. granulata.*

Source MNHN Paris

Pour ce matériel également, nous avons essayé tous nos fixateurs. Comme pour *Cystoseira foeniculaceae*, nous avons obtenu les meilleurs résultats avec le Flemming et le Navaschin. Le Helly, le Bouin et le formol ont laissé à désirer. Nous avons utilisé l'hématoxyline et le Feulgen comme principaux moyens de coloration.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les noyaux sont ici exceptionnellement grands. Leur taille varie de 5 à 6 μ. Leur observation n'est pas gênée par la présence, à leur contact, de substances figurées cytoplasmiques. Ils remplissent parfois presque toute la moitié inférieure des cellules épidermiques. Leur forme est ronde ou un peu ovalaire, et ils sont entourés d'une masse de protoplasma.

Nucléole. — Le noyau contient un ou deux nucléoles de forme sphérique et dont la taille varie de 1 à 2 μ, et n'est pas très grande relativement à celle du noyau. Leur coloration à l'hématoxyline n'est pas homogène, la portion centrale est toujours beaucoup plus claire que la région périphérique. Comme chez C. *foeniculaceae*, le nucléole est généralement entouré d'une aréole périnucléaire incolore due probablement à la contraction de la substance du nucléole par le traitement qu'il a subi (Pl. I, fig. 1 et 2).

Substance achromatique. — Cette substance remplit toute la cavité nucléaire autour du nucléole. Elle semble épaisse et grisâtre. Colorée à l'hématoxyline, elle devient gris clair. Elle nous a paru présenter, mais très indistinctement, un fin réseau irrégulier. Ce réseau n'est apparu clairement ni à l'hématoxyline ni au Feulgen. Cette difficulté nous empêche de déterminer s'il s'agit véritablement d'un réseau.

Granules de chromatine. — Ceux-ci, très nombreux, se trouvent en dehors du nucléole et près de la membrane nucléaire. Ils semblent éparpillés sur le réseau mentionné ci-dessus, et ils se colorent en noir franc à l'hématoxyline (Pl. I, fig. 1 et 2).

Membrane nucléaire. — La membrane ne peut se voir parce que les granules de chromatine, très nombreux, lui sont attenant et en recouvrent presque toute la surface interne (Pl. I, fig. 1 et 2).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Comme pour C. *foeniculaceae*, la coloration au Feulgen nous a donné de bons résultats après fixation au Flemming et au Navaschin.

Source MNHN Paris

En fait, les résultats diffèrent très peu pour ces deux plantes après coloration au Feulgen. Le seul point qui les différencie, et qui doit être noté spécialement, est que les granules de chromatine sont en contact avec la membrane nucléaire et qu'ils sont tellement serrés qu'ils semblent la former eux-mêmes. La substance achromatique ne s'est pas colorée d'une façon homogène. Ce fait nous paraît confirmer la présence d'une autre substance qui, dans ce cas, constituerait un réseau bien difficile à distinguer nettement.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les cellules de la région épidermique sont très nombreuses; la forme de leur noyau est nettement sphérique et non simplement arrondie. Les noyaux des cellules épidermiques sont généralement beaucoup plus petits que ceux des cellules du point végétatif. Mais les noyaux de la cellule épidermique, spécialement chez cette plante, ne sont réellement pas beaucoup plus petits que ceux du point végétatif. La taille des noyaux épidermiques, chez *C. myriophylloides*, varie de 4 1/2 à 6 1/2 μ. Le noyau n'est relativement vraiment petit que dans les épidermes des régions âgées du thalle.

Nucléole, réseau, etc... — Les nucléoles sont de forme ronde. Leur taille varie de 1 à 2 μ. Dans certains noyaux, les granules de chromatine sont très petits, tandis que dans d'autres ils sont relativement grands; dans les uns ils sont nombreux, dans les autres clairsemés. Le réseau est difficilement visible par suite du nombre et de la grande taille de ces granules. La membrane nucléaire est épaisse et bien visible, de nombreux granules de chromatine sont en contact avec elle (Pl. I, fig. 3).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Le résultat est similaire à celui de *C. foeniculaceae*. La seule différence que nous ayons notée est le grand nombre de grains de chromatine en contact avec le nucléole. Avec cette technique, on les voit très nettement disposés ainsi, car ils sont colorés, tandis que le nucléole reste incolore.

III & IV. *NOYAUX DE L'ECORCE ET DE LA MOELLE.*

Leur structure se rapproche beaucoup de celle du noyau de *C. foeniculaceae*. Les mêmes résultats ont été obtenus avec l'hématoxyline et le Feulgen (Pl. I, fig. 4 et 5).

Source MNHN, Paris

Conceptacles. — Dans le stade précoce du conceptacle, il y a deux types de noyaux de dimension différente, l'un a généralement de 6 à 6 1/2 μ, l'autre n'a que 4 à 4 1/2 μ. Le plus grand est du même type que celui du point végétatif, le plus petit de ceux de l'épiderme.

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — Au stade précoce, le noyau se transforme et prend une structure filamenteuse. Cette sorte de filament irrégulier a des parties épaisses et des parties minces. Le nucléole demeure encore visible à ce stade. Le filament devient peu à peu noduleux, sa longueur se resserre graduellement et se différencie en plusieurs éléments allongés que nous reconnaissons facilement comme des chromosomes. Le nucléole est alors disparu comme s'il avait été résorbé. La membrane nucléaire disparaît également. D'autre part, les éléments épais et allongés qui constituent les chromosomes deviennent de plus en plus distincts. Mais ceci ne signifie pas qu'ils sont de grande taille, ils sont en réalité très petits et très nombreux (Pl. I, fig. 6, 7 et 8).

2) *Métaphase.* — Les chromosomes différenciés sont maintenant plus actifs. Ils s'assemblent et, de part et d'autre de l'amas qu'ils forment, apparaissent deux faisceaux de fibres en fuseau avec leurs extrémités formant deux pôles. Ces pôles semblent être des points supports d'où les fibres s'étendent peu à peu pour atteindre les chromosomes. Ces derniers se disposent alors en une plaque équatoriale (Pl. I, fig. 9 et 10).

Puis les chromosomes se dédoublent et se séparent alors en deux groupes de chromosomes filles, qui forment deux masses distinctes.

Notre matériel, coloré à l'hématoxyline, montre parfois en métaphase tardive un ou deux fragments de nucléole des deux côtés des chromosomes équatoriaux (fig. 1 et 2). Nous avons pu observer de tels fragments dans toutes nos préparations à l'hématoxyline, mais jamais avec les préparations au Feulgen. Ce ne sont pas des cristalloïdes, qui ne sont généralement colorés que légèrement, tandis que les nucléoles sont colorés d'un noir profond. Ces fragments étant colorés profondément, nous les reconnaissons pour être de nature nucléolaire. De plus,

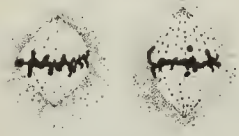


Fig. 1 et 2

Source MNHN, Paris

ces fragments n'étant pas visibles lors de la coloration au Feulgen, nous devenons certains que ce ne peuvent être que des nucléoles. En métaphase tardive, ces nucléoles prennent une forme ronde.

3) *Anaphase.* — A ce stade, les deux groupes de chromosomes se comportent comme chez *C. foeniculaceae.* Toutefois, au stade précoce de cette phase, nous ne pouvons plus distinguer les nucléoles ci-dessus signalés. Ils sont peut-être dissimulés par les chromosomes filles. En anaphase tardive, ils redeviennent visibles. Ils apparaissent dans la plaque équatoriale, entre les deux groupes de chromosomes filles. La structure de ces nucléoles est variable; parfois, ils sont arrondis et de taille égale ou inégaux, l'un est gros et l'autre petit. Leur forme aussi peut différer; dans beaucoup de cas, l'un est rond et l'autre allongé (fig. 3, 4 et 6).

Fig. : 3. 4 5. 6.

En anaphase tardive, on observe souvent trois nucléoles; deux sont ronds tandis que le troisième est exceptionnellement allongé (fig. 5).

4) *Télophase.* — Les deux groupes sont maintenant arrivés aux pôles où ils forment deux masses sphériques. Alors que l'on observe encore des nucléoles au stade de la plaque équatoriale, en télophase tardive ils sont disparus (Pl. I, fig. 12).

÷

III. — *CYSTOSEIRA GRANULATA* Ag.

Ce *Cystoseira* de grande taille est commun dans les cuvettes des zones moyenne et inférieure de la marée de la région malouine d'où provient le matériel que nous avons étudié. Il se rencontre aussi quelquefois au-dessous du niveau des basses mers, mais, comme la plupart des *Cystoseira*, il ne supporte pas l'exondation. Cette espèce présente une tige principale cylindrique portant des rameaux également cylindriques dont la base est renflée en tophus ellipsoïdes. Ce dernier

Source MNHN, Paris

caractère, que seule des *Cystoseira* de la Manche elle possède, permet de la distinguer facilement des *C. foeniculaceae* et *fibrosa* avec lesquels elle coexiste souvent dans les cuvettes. Ses ramules présentent des vésicules aérifères ovales, isolées ou en chaînes. Pendant l'hiver et le début du printemps, cette espèce est partiellement iridescente, mais ce caractère lui manque en été, particulièrement sur les côtes de la Manche.

Les mêmes fixateurs n'ont été utilisés que pour *C. foeniculaceae* et *C. myriophylloides*. Le Flemming et le Navaschin nous ont encore donné les meilleurs résultats. Les autres se sont montrés défavorables. L'hématoxyline et le Feulgen ont été nos principaux moyens de coloration.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

La taille des noyaux de cette région varie en général de 5 à 7 μ. Dans quelques cas particuliers, mais très rares, cette taille peut atteindre 9 μ. A part cette petite différence de dimension, il est similaire à ceux des autres *Cystoseira* déjà étudiés.

Substance achromatique. — De nombreuses structures se rencontrent, qui ressemblent à des fibres irrégulières, que nous ne pouvons considérer comme éléments d'un réseau. Elles sont gris clair après coloration à l'hématoxyline.

Granules de chromatine. — Ceux-ci sont épars sur la substance achromatique. Ils sont quelque peu irréguliers, généralement très fins, mais certains sont comparativement plus gros. Les petits sont noir grisâtre colorés à l'hématoxyline, les plus gros sont noir franc.

Nucléole. — La taille des nucléoles varie généralement de 2 à 3 μ; les plus gros observés avaient 4 μ. Dans quelques cas, il existe deux nucléoles dans un noyau, mais ils sont alors plus petits et ne mesurent chacun que 1 μ.

Membrane nucléaire. — Cette membrane est visible dans certains cas, invisible dans d'autres, peut-être pour la même raison que chez d'autres *Cystoseira*.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Les résultats de nos observations ne permettent pas de leur attribuer d'autres caractères que chez les autres *Cystoseira* étudiés précédemment.

Source MNHN Paris

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) MATÉRIEL COLORÉ A L'HÉMATOXYLINE ET AU FEULGEN.

Mêmes résultats également, sauf que les granules de chromatine sont relativement gros, et que leur numération est possible.

III & IV. *NOYAUX DE L'ECORCE ET DE LA MOELLE.*

Ils sont les mêmes que chez d'autres *Cystoseira*.

B. — MITOSE SOMATIQUE

En prophase, métaphase et anaphase, le noyau de cette plante subit les mêmes transformations que chez *C. foeniculaceae*. La figure 9, pl. I, montre la prophase tardive; la figure 10, pl. II, le stade de la métaphase, et la figure 11 l'anaphase.

Fig. : 7. 8. 9.

Télophase. — Tandis que chez *C. myriophylloides*, deux nucléoles sont visibles en métaphase et en anaphase, chez *C. granulata* on ne peut en observer pendant ces stades. Ils n'apparaissent qu'à la télophase. Ils sont alors ronds et très petits et sont assez éloignés l'un de l'autre; d'autre part, ils sont plus voisins des deux masses de chromosomes (fig. 7, 8 et 9).

÷

IV. — *CYSTOSEIRA ERICOIDES* AGARDH

Ce *Cystoseira*, commun sur les côtes de la France, présente dans la région de Dinard une végétation moins luxuriante que sur le littoral des Côtes-du-Nord et du Finistère. Les individus, peu vigoureux, sont généralement couverts d'épiphytes variés, animaux et végétaux, à l'exception des jeunes ramules. Possédant une robuste tige ligneuse assez rigide et des rameaux rapprochés, il forme de ses ramules carac-

Source MNHN, Paris

téristiques, épineux et serrés, une touffe compacte, et ne peut être confondu avec aucune autre espèce de ce genre vivant dans la région. Il attire, par ailleurs, l'attention par l'iridescence très marquée de ses ramules.

Assez commun dans les cuvettes de la zone inférieure de la marée, il existe aussi vers la ligne de basse mer et peut supporter l'émersion aux marées de vive eau.

Pour la fixation de ce matériel, les meilleurs résultats ont été obtenus avec le Helly, le Flemming et le Navaschin. Nous n'avons pas obtenu de bon résultat de l'hématoxyline après fixation au Bouin, car les noyaux sont demeurés imparfaitement colorés. Après fixation au formol, le contenu du noyau prend une coloration homogène qui empêche d'en différencier les différents éléments, et, s'il ne produit pas de contraction des cellules centrales et de leurs noyaux, il provoque une contraction de l'épiderme.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Etant donné la petitesse des ramules et leur forme épineuse, il est très difficile d'obtenir une section parfaitement longitudinale du sommet végétatif. Quelques-unes de nos préparations ont été cependant parfaitement satisfaisantes. Les noyaux, dans cette région, sont en général ronds, entourés d'un protoplasma clair et dépourvu de toutes substances figurées telles que physodes, plastes, chromatophores et autres organites cytoplasmiques. La taille-type est de 4 à 4 1/2 μ, exceptionnellement de 5 1/2 μ.

Substance achromatique. — Quelles que soient les fixations et les colorations, la substance achromatique est restée homogène. Malgré une observation minutieuse, nous n'avons pas remarqué trace d'une structure filamenteuse ou réticulée. La coloration à l'hématoxyline a donné une couleur grise. A l'observation vitale, cette substance apparaît aussi homogène, grise et réfringente.

Granules de chromatine. — Ils se trouvent le long de la membrane nucléaire et dans la substance achromatique. Ceux qui sont accolés à la membrane sont petits, arrondis et peu nombreux. Ils sont si étroitement en contact avec la membrane qu'on ne les voit que difficilement et qu'ils semblent faire partie de celle-ci. Les granules qui se trouvent dans la substance achromatique ont l'aspect de fragments de

Source MNHN, Paris

filaments, et on peut penser qu'ils ont acquis cette forme en se combinant à deux ou trois en un seul, mais les granules de ce type sont rares (Pl. II, fig. 4).

Nucléole. — Il n'en existe qu'un seul dans chaque noyau. Il est de forme ronde et mesure 1 à 2 1/2 μ. Il se colore légèrement au centre et en noir profond à la périphérie, comme chez les autres *Cystoseira*, et il est également entouré d'une aréole périnucléaire incolore (Pl. II, fig. 4).

Membrane nucléaire. — Nous avons déjà mentionné que la face interne de cette membrane était presque entièrement couverte de granules de chromatine. Là où elle est visible, elle est mince et se colore en gris à l'hématoxyline (Pl. II, fig. 4).

2) Matériel coloré au Feulgen.

La substance achromatique est très homogène après cette coloration. Les granules de chromatine, le long de la membrane nucléaire et dans la substance achromatique, se colorent en rose foncé. Le pourtour du nucléole se colore en rose clair et le centre en jaune-vert pâle. La coloration rose de la périphérie nucléolaire est due vraisemblablement aux chromatines qui entourent les nucléoles, car la substance nucléolaire ne réagit pas au Feulgen. Seuls des chromatines peuvent être rendus responsables de cette coloration.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Le noyau épidermique a une structure qui diffère totalement de celle du noyau du point de vue végétatif. Sa taille moyenne, également différente, est plus petite et n'atteint que 3 à 4 μ. Il est environné de nombreuses substances cytoplasmiques, telles que physodes, plastes, etc.

Substance achromatique. — Coloration gris clair à l'hématoxyline.

Granules de chromatine. — Leur nombre est comparativement restreint dans le noyau-type de cette région. Tandis qu'au point végétatif ils sont nombreux et dispersés contre la membrane nucléaire et dans la substance achromatique; ici, ils sont peu nombreux, 4 ou 5 environ, et ils sont accolés à la membrane nucléaire. Ils sont de grande taille, presque aussi grands que le nucléole. Dans l'épiderme jeune, ils sont en général d'une taille telle qu'il est presque impossible de les

Source MNHN Paris

distinguer du nucléole. Par contre, dans des régions épidermiques vieilles ou très jeunes, cette distinction n'est pas très difficile. Dans les vieilles régions épidermiques, le nucléole est petit, mais toutefois plus gros que les granules de chromatine, et, dans le très jeune épiderme, le nucléole est très gros et les grains de chromatine très petits. Il présente une coloration noire intense coloré à l'hématoxyline, et, sans la présence d'une aréole incolore périnucléaire, il serait difficile de le distinguer des grains de chromatine (Pl. II, fig. 5).

Nucléole. — Un seul nucléole, qui mesure en général 1 μ, et qui est habituellement situé au centre du noyau (Pl. II, fig. 5).

Membrane nucléaire. — Cette membrane, dans les noyaux des tissus épidermiques, est épaisse, régulière et claire (Pl. II, fig. 5).

2) Matériel coloré au Feulgen.

La substance achromatique est d'un rose clair, les granules de chromatine sont d'un rose foncé. Il est très facile de compter ces derniers, car le nucléole demeure incolore. Leur nombre est de 5 à 11. La membrane nucléaire ne réagit pas.

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les noyaux de ces deux régions sont très semblables. De forme ronde ou ovale, ils mesurent de 3 à 4 μ. Ils sont très petits comparativement aux cellules qui les contiennent. Ils sont complètement dégagés des substances figurées cytoplasmiques.

Substance achromatique, granules de chromatine, etc. — Cette substance achromatique est très claire et ne laisse aucun doute quant à sa nature homogène. Comme dans l'épiderme, les granules de chromatine sont ici également très gros. Ils sont nettement visibles par suite de leur disposition isolée dans la substance achromatique. D'un noir profond, colorés à l'hématoxyline dans les tissus jeunes, ils sont moins noirs dans les tissus âgés. Le nucléole est petit et sa taille varie de 1/2 à 1 μ. Il prend une couleur foncée dans les tissus âgés comme dans les jeunes. La membrane nucléaire est très mince, beaucoup plus mince que celle des noyaux des cellules du tissu épidermique, et est d'un gris faible (Pl. II, fig. 6, 7 et 8).

Source MNHN Paris

2) Matériel coloré au Feulgen.

La substance achromatique est aussi homogène colorée au Feulgen qu'à l'hématoxyline. Les granules de chromatine sont rose foncé; la membrane nucléaire ne prend aucune coloration.

B. — Mitose somatique

Nous n'avons observé que deux phases nettes de cette division, et elles n'ont pu être étudiées que dans les parois du conceptacle jeune.

1) *Prophase.* — Dans cette phase, la structure du noyau se transforme et offre de gros nucléoles et des fragments isolés de filaments successifs de chromatine. La membrane nucléaire disparaît totalement et le nucléole, à son tour, cesse d'être discernable au cours de cette phase. Il se peut qu'il soit entièrement dissimulé par les fragments de filaments et qu'il se résorbe. Pendant la dernière période de la prophase, ces épais fragments s'amincissent et se raccourcissent ; leur nombre semble plus élevé (Pl. II, fig. 9 et 11).

La coloration des chromosomes est d'un noir profond à l'hématoxyline et d'un rose foncé au Feulgen.

2) *Métaphase.* — Comme chez *C. myriophylloides*, on remarque deux nucléoles qui apparaissent des deux côtés des chromosomes équatoriaux. Les fibres, en fuseau, sont bien visibles, colorées faiblement en gris par l'hématoxyline (Pl. II, fig. 11 et 12).

Conclusions

L'étude nucléaire des *Cystoseira* considérés nous montre donc que *C. foeniculaceae*, *C. myriophylloides* et *C. granulata* ont une grande ressemblance en bien des points importants. Les noyaux de ces trois espèces appartiennent au type réticulé et possèdent de fins et nombreux granules de chromatine disposés en réseau. Le noyau du *C. ericoides* se différencie de celui des trois premiers et appartient au type granuleux, car au lieu de contenir un réseau, il possède des granules de chromatine peu nombreux et relativement grands, répartis çà et là dans la substance nucléaire. Il peut en quelque sorte être rapproché du type de noyau à prochromosome. Les noyaux de la région du point végétatif sont relativement grands. En fait, plus nous nous rapprochons de la moelle, en partant de l'épiderme, plus petits sont les noyaux. Ceux de l'épiderme sont tassés dans les cellules par d'abondantes substances figurées de nature cytoplasmique, qui souvent re-

Source MNHN, Paris

couvrent presque ces noyaux, mais ce fait s'observe plutôt dans la région épidermique que dans l'écorce ou dans la moelle. Dans la moelle, les noyaux sont presque isolés des organites cytoplasmiques et même totalement isolés dans certains cas.

La substance achromatique, réfringente et grisâtre, que renferment tous les noyaux, est pourvue d'une structure réticulée plus ou moins nette et souvent fort peu visible, sauf chez *C. ericoides*, qui semble optiquement vide.

De fins et nombreux granules de chromatine sont invariablement disposés sur ce réseau, non loin de la membrane nucléaire et également en contact avec la membrane nucléaire. Le noyau de *C. ericoides* diffère aussi sur ce point de celui des autres *Cystoseira* étudiés, car il contient un nombre de granules de chromatine comparativement restreint. Dans les autres *Cystoseira*, où les granules peu homogènes sont très nombreux, leur nombre, leur forme et leur taille diffèrent dans les différentes régions du thalle. Ils sont peu nombreux et petits au point végétatif. Dans la région épidermique, ils sont plus grands et plus épais que dans l'écorce et dans la moelle. Leur nombre semble décroître de l'épiderme vers l'écorce et la moelle. Ils semblent également décroître en longueur, épaisseur et colorabilité.

Chez *Cystoseira*, chaque noyau contient en général un nucléole, bien que dans quelques cas on en rencontre deux. Nous n'avons pas observé un seul noyau possédant plus de deux nucléoles. Chez *C. foeniculaceae*, le nucléole est généralement de plus grande taille que chez les autres *Cystoseira*. Dans nos préparations, la portion centrale du nucléole était toujours plus légèrement colorée que la périphérie.

La membrane nucléaire n'est pas également distincte dans les noyaux des divers tissus. Elle est très fine et presque indiscernable dans le noyau du point végétatif. Mais elle est relativement épaisse dans le noyau de la région épidermique et y est bien visible quand elle n'est pas trop proche des physodes, plastes et autres substances cytoplasmiques, qui bourrent les cellules, ou couverte sur sa face interne par de nombreux granules de chromatine. Elle apparaît de plus en plus mince au fur et à mesure que nous avançons de l'épiderme et de la région corticale vers la moelle.

Dans notre étude de la mitose, nous avons observé au premier stade ou prophase la formation progressive des chromosomes. La structure, qui apparaît d'abord comme un réseau pâle, presque invisible, avec de nombreux granules flottant sur lui, semble se résoudre lentement en une structure fine et ténue. Cette transformation se fait simultanément avec une disparition graduelle de la membrane nucléaire. Cette membrane semble se fondre avec le réseau avant la différenciation des chromosomes.

Source MNHN Paris

Le second stade ou métaphase, que nous avons observé, est caractérisé par la formation des chromosomes filles. Ils naissent après que les chromosomes mères se sont rangés en plaque et sont entraînés ou dirigés par les fibres en fuseau qui s'étendent depuis les deux pôles. Les chromosomes filles se séparent bientôt en deux groupes et les fibres du fuseau continuent à s'étendre jusqu'à eux. En même temps, deux nucléoles apparaissent subitement chez le *Cystoseira myriophylloides* et le *C. ericoides* des deux côtés des masses chromosomiques. Chez la première plante, ils demeurent visibles au stade tardif, tandis que chez la seconde, ils disparaissent à nouveau avant la fin du stade.

Le troisième stade, anaphase, est caractérisé par la migration des deux groupes, qui se séparent l'un de l'autre dans la région équatoriale et se dirigent vers les pôles comme s'ils étaient guidés par les fibres du fuseau. Sauf chez *Cystoseira myriophylloides*, nous n'avons pas observé de nucléole auprès d'aucun groupe de chromosomes ayant achevé leur migration.

Le quatrième stade est caractérisé par la naissance graduelle de deux nouvelles cellules aux dépens de ces deux groupes. Les fibres fusoriales disparaissent bientôt, elles sont peut être absorbées dans le processus de formation des deux cellules, tandis qu'en leur centre se forme la nouvelle paroi cellulaire. Séparées par cette paroi, les deux cellules atteignent lentement leur forme normale. Pendant tout le premier stade de la télophase, nous avons toujours observé deux nucléoles chez *Cystoseira myriophylloides*, alors que chez *C. granulata*, c'est subitement que deux nucléoles apparaissent dans la région équatoriale auprès des groupes de chromosomes.

Source MNHN Paris

CHAPITRE V

LE NOYAU CHEZ LES FUCUS

V. — *FUCUS PLATYCARPUS* Thur.

Le *Fucus platycarpus*, plante de taille relativement médiocre, est l'espèce du genre qui remonte le plus haut dans la zone de la marée. Il forme une zone étroite immédiatement au-dessous de celle de *Pelvetia*. Non seulement il est exondé à chaque marée, mais, en morte-eau, il peut rester asséché pendant plusieurs jours. Son thalle coriace, dichotome, plat, privé de vésicules aérifères, est muni d'une nervure très nette qui demeure seule à la base de la plante. Les extrémités fertiles du thalle sont très nettement différenciées en conceptacles ovales, très renflés, gonflés de mucilage, et qui portent de nombreux conceptacles hermaphrodites. Ces réceptacles, toujours marginés, suffisent à caractériser l'espèce.

Le matériel étudié est de la forme *typica*, très commune dans la région de Dinard, et non de la forme *spiralis*, dont l'identité spécifique avec la forme *typica* n'est pas certaine.

Parmi tous les fixateurs utilisés, le Bouin, le Navaschin et le Helly nous ont donné les résultats désirés. Nous avons employé les combinaisons suivantes de fixateurs et de colorants :

Bouin à l'eau de mer et hématoxyline glyco-alcoolique. Navaschin et hématoxyline à l'eau. Navaschin et Feulgen. Helly et hématoxyline. Helly et Feulgen.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Comparativement aux dimensions des cellules, les noyaux des cellules épidermiques ne sont pas très grands, mais ce rapport est remarquablement frappant comparé à celui de la cellule apicale.

Source MNHN, Paris

La taille moyenne du premier type de noyau est de 6 μ, celle du dernier est de 7 μ. Le premier est rond ou ovalaire, tandis que le deuxième est rond ou allongé. Les noyaux des cellules sous-épidermiques mesurent de 4 1/2 à 5 μ. Ils sont aussi entourés de physodes, de plastes, etc. Le noyau apical se colore plus légèrement à l'hématoxyline. Ceux des cellules épidermiques sont un peu plus foncés et les noyaux des cellules sous-épidermiques se colorent encore plus intensément, noyau apical (Pl. III, fig. 1) ; noyau épidermique (Pl. III, fig. 2) ; noyau d'une cellule du point végétatif (Pl. III, fig. 3).

Substance achromatique. — Elle est très visible dans le noyau de la cellule apicale. Elle se colore en gris très pâle. Elle n'est pas visible dans les deux autres noyaux.

Réseau chromatique. — Il remplit toute la cavité du noyau, mais il n'est que faiblement visible dans le noyau de la cellule apicale, où seules quelques fibres sont perçues. Il est très nettement visible dans les cellules épidermiques et s'y colore en gris par l'hématoxyline. Il est également visible dans le noyau des cellules sous-épidermiques et s'y colore en noir opaque par l'hématoxyline.

Nucléole. — Quoiqu'il n'y ait en général dans les noyaux du *Fucus platycarpus* qu'un nucléole par noyau, on en rencontre quelquefois deux. De forme arrondie, sa taille, relativement petite, varie de 1 à 1 1/2 μ. Pour le reste, ses caractères sont les mêmes que chez *Fucus serratus* (Pl. III, fig. 1 et 3) et montre deux nucléoles dans le même noyau.

Membrane nucléaire. — Elle est très fine et peu distincte dans la cellule apicale. Elle est nettement visible dans les cellules épidermiques et encore plus nette dans les cellules sous-épidermiques. Elle présente une coloration relativement foncée due peut-être à son épaisseur.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Nous avons fait remarquer que le réseau de chromatine des noyaux de la cellule apicale est trop ténu pour être bien visible, il ne se colore du reste qu'en rose pâle. Dans les noyaux des deux autres types de cellules, ce réseau se colore en rose foncé. La pâle couleur du nucléole est identique dans tous les cas.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Le noyau se montre rond ou ovale et mesure 5 μ en dimensions

Source MNHN, Paris

moyennes. Il n'est guère plus petit que celui du point végétatif et est entouré des organites cytoplasmiques.

Substance achromatique. — Cette substance n'est pas discernable à cause du réseau chromatique qui la masque (Pl. III, fig. 2).

Réseau de chromatine. — Tout comme au point végétatif, le réseau de chromatine remplit toute la cavité du noyau, mais la substance réticulée est ici plus épaisse et plus serrée qu'au point végétatif. Il se teinte en noir profond. En plus de ce réseau, il faut noter la présence de granules distincts de chromatine au contact de la membrane nucléaire et autour du nucléole (Pl. III, fig. 2).

Nucléole. — Les noyaux épidermiques contiennent aussi un nucléole, quelquefois deux. Ce nucléole n'est pas très gros et ne mesure en général que 1 μ. D'un noir homogène, il est aussi entouré d'une aréole périnucléaire incolore. Il est situé au centre du noyau.

Membrane nucléaire. — Elle est nettement visible et est plus épaisse que celle du point végétatif.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Le noyau de l'épiderme âgé se comporte autrement que celui de l'épiderme jeune. Le premier ne réagit pas; son contenu, à l'exception du nucléole, se colore en brun rosé homogène. Le second réagit comme au point végétatif.

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE*

Les noyaux sont presque semblables dans ces deux régions. Ils sont ronds, ovales, allongés ou triangulaires et mesurent de 2 1/2 à 4 μ. Ils sont dégagés de toutes substances cytoplasmiques externes.

Réseau de chromatine. Nucléole. — Le réseau est très fin. Il supporte de nombreux petits granules de chromatine très colorés par le Feulgen. Les granules et le réseau de chromatine présentent la même coloration foncée par l'hématoxyline, ce qui rend leur observation difficile. Le nucléole mesure environ 0,5 μ. La membrane nucléaire est mince mais bien visible. La seule différence est que la membrane nucléaire et le réseau de chromatine sont plus fins et moins épais dans les noyaux de la moelle que dans les noyaux corticaux. Leur coloration est aussi moins intense que dans le noyau cortical. Cette coloration n'est que gris pâle (Pl. III, fig. 4 et 5).

Source MNHN Paris

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — A ce stade, le réseau de chromatine est dissocié et ne laisse observer que des filaments de chromatine dispersés à l'intérieur de la membrane nucléaire. Cette membrane devient peu à peu plus mince et moins visible. Seuls quelques filaments de chromatine qui lui demeurent accolés la font paraître çà et là plus visible. Le nucléole demeure toujours visible (Pl. III, fig. 6). Après ce stade, la membrane nucléaire devient visible. Après la disparition de cette membrane, les filaments de chromatine sont irrégulièrement dispersés et peuvent être nettement reconnus comme des chromosomes individualisés. Une irrégularité de répartition peut être notée pour quelques chromosomes qui se trouvent en dehors de la région qui était limitée précédemment par la membrane nucléaire. Le nucléole est encore visible. A un stade subséquent, les chromosomes sont plus nets et plus réguliers, et le nucléole a totalement disparu (Pl. III, fig. 7).

2) *Métaphase.* — L'amas des chromosomes est alors plus resserré (fig. 16). Mais les fibres fusoriales n'apparaissent pas avant que cet amas se soit encore resserré en une figure allongée (Pl. III, fig 8 et 9). A ce stade, après coloration à l'hématoxyline, on peut nettement distinguer deux petits points opaques situés aux deux pôles. Dépourvus d'aster, on ne peut cependant les considérer comme de vrais centrosomes. Les fibres fusoriales se colorent en gris clair. Après l'action du Feulgen, les deux points ci-dessus et les fibres fusoriales ne se colorent pas (Pl. III, fig. 8 et 9, à l'hématoxyline). A un stade plus tardif, les chromosomes se dédoublent comme dans d'autres plantes et se séparent ensuite en deux groupes parallèles formés des chromosomes filles.

a *b* *a* *b*

Fig. : 10. 11.

3) *Anaphase.* — Cette phase est caractérisée par la migration des chromosomes vers les pôles. Les corpuscules punctiformes des pôles demeurent. Les Pl. III, fig. 7 et fig. 10 et 11, montrent cette migration. Les fibres fusoriales sont toujours visibles.

4) *Télophase.* — Les chromosomes se sont massés en deux amas aux deux pôles. Les points (centrosomes douteux) ne sont plus visibles (Pl. III, fig. 12). Les extrémités des anses des chromosomes

Source MNHN Paris

massés hérissent encore les amas chromosomiques vers l'équateur. Les fibres fusoriales pâlissent graduellement et deviennent à peu près invisibles.

÷

VI. — *FUCUS LUTARIUS* Kütz.

Le *Fucus lutarius* Kütz. est la seule espèce française du genre, qui présente une vie exclusivement limicole, et dont les thalles, jamais fixés sur un substratum solide, sont simplement implantés plus ou moins profondément dans la vase. De petite taille, le thalle, aux divisions étroites et dichotomes, montre une nervure assez marquée; les divisions en sont toujours plus ou moins étroitement spiralées. Rarement fructifère, cette espèce est dioïque. Ses réceptacles terminaux sont petits et, bien que renflés, dépourvus de mucilage intérieur. Quelques auteurs ont voulu ne voir dans cette espèce qu'une adaptation limicole du *Fucus vesiculosus*, mais cette opinion est certainement erronée; la numération de ses chromosomes, que nous avons pu réaliser, vient à l'appui de cette opinion.

Cette espèce, très localisée, se rencontre, sur les grèves de vase plus ou moins ferme, vers le haut de la zone de la marée, souvent en mélange avec les *Spartina stricta* Roth. Les individus étudiés viennent principalement des îles Chausey, localité-type de l'espèce, mais nous en avons étudié quelques-uns venant du Croisic, qui se sont montrés identiques à ceux de Chausey.

Sur ce matériel, nous avons essayé aussi tous les fixateurs et colorants. Seules les combinaisons suivantes ont donné les résultats désirés :

Bouin à l'eau douce et hématoxyline; Bouin à l'eau de mer et hématoxyline; Navaschin et hématoxyline; Navaschin et Feulgen.

Le Bouin avec le Feulgen ne donne pas toujours de bons résultats. Le Helly et le Flemming ont le défaut de contracter l'épiderme. Comme pour toutes les Fucacées étudiées, le formol s'est montré un mauvais fixateur.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

C'est dans cette région que les noyaux sont les plus grands. Dans les cellules épidermiques et dans les cellules sous-épidermiques, ils sont de taille et de forme semblables. Ils mesurent de 4 à 5 μ; ils sont, en général, ronds ou ovales. Chez cette plante, le noyau, assez dégagé, n'est pas étroitement entouré par les organites du cytoplasme.

Substance achromatique. — Cette substance n'est pas visible, parce qu'elle est dissimulée par le réseau et les granules de chromatine.

Source MNHN, Paris

Réseau de granules de chromatine. — Ce réseau est très nettement visible. Il prend une coloration grise brillante à l'hématoxyline. De nombreux granules de chromatine, irréguliers en taille et en forme, y adhèrent. La plupart de ces granules sont très petits. Mais certains, cependant, sont plus gros et diffèrent de forme. Ils sont ronds, allongés, triangulaires ou en forme de V, mais diffèrent peu de taille, chacun mesure environ 1 μ. On en rencontre aussi contre la membrane nucléaire. Le nombre des plus gros de ces granules varie de 12 à 16 dans chaque noyau. Ils se colorent en noir intense à l'hématoxyline (Pl. IV, fig. 1).

Nucléole. — Comme dans les autres Fucacées, le noyau contient, ici encore, un ou parfois deux nucléoles. Celui-ci est toujours de forme ronde. Sa taille diffère peu, qu'il soit seul ou à deux dans un noyau. Il est aussi gros que les plus gros des granules de chromatine, et, s'il ne présentait pas une aréole périnucléaire incolore, il serait très difficile de le distinguer de ces granules (Pl. IV, fig. 1).

Membrane nucléaire. — Elle est fine et bien visible dans certains cas. Elle se colore en noir à l'hématoxyline. Sa forme paraît assez régulière, mais cela est dû à la présence des granules de chromatine qui y adhèrent.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Le réseau de chromatine est nettement visible. Il prend une couleur rose. Les granules de chromatine proprement dits prennent une couleur rose foncé.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les noyaux épidermiques sont de forme ronde ou ovale et mesurent de 4 à 5 μ.

Substance achromatique. — Ici aussi, cette substance n'est pas visible comme chez d'autres Fucacées.

Réseau et granules de chromatine. — Le réseau de chromatine est très dense dans cette région. Il porte de nombreux granules de chromatine, grands et petits. Les plus grands ont une taille particulièrement exceptionnelle. Nous n'en avons pas observé de semblables chez les autres Fucacées. Ils sont de formes variées, ronds, ovales et triangulaires. Ils sont plus petits dans les noyaux d'épidermes âgés que dans ceux des jeunes épidermes. On les rencontre aussi bien contre la membrane nucléaire que dans la région périphérique du noyau (Pl. IV, fig. 2).

Source MNHN, Paris

Nucléole. — Chaque noyau contient un ou deux nucléoles, dont la taille n'excède pas 1 μ, même s'il existe deux nucléoles dans un même noyau. Quand il n'y a qu'un seul nucléole, il occupe le centre du noyau, et quand ils sont deux, ils sont également centraux, mais légèrement espacés.

Membrane nucléaire. — Elle est épaisse, bien visible et tout à fait semblable à celle des autres Fucacées.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Les granules de chromatine prennent une couleur rose foncé. Ils sont bien individualisés, et on peut les compter aisément. Leur nombre varie de 3 à 7 par noyau.

III & IV. *NOYAUX DE L'ECORCE ET DE LA MOELLE.*

Ils sont pareils dans ces deux régions et mesurent de 3 à 4 μ. De forme ronde, ovale ou allongée, ils sont dégagés de toute substance cytoplasmique.

Réseau et granules de chromatine. — Ce réseau, très fin, ne se colore que faiblement, aussi bien à l'hématoxyline qu'au Feulgen. Les granules de chromatine sont presque tous très petits. On ne peut que rarement en trouver d'un peu plus gros. L'hématoxyline et le Feulgen colorent les granules du noyau de la moelle plus faiblement même que dans le noyau cortical. Le nucléole y est trop petit pour qu'on puisse l'observer après coloration au Feulgen. La membrane nucléaire est extrêmement fine et ne supporte pas de granules de chromatine (Pl. IV, fig. 4 et 5).

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — Le changement d'aspect du noyau est très frappant. La membrane nucléaire a disparu. On observe distinctement de nombreux fragments de chromatine ressemblant à des filaments de forme et de taille variées. Ils ne sont pas très étroitement serrés. Leurs formes semblent montrer qu'ils ont fait partie du réseau de chromatine. Cependant, certains, très petits, sont ronds. Mais nous sommes certains que ce ne sont pas des nucléoles, car, contrairement aux nucléoles, ils se colorent au Feulgen, et, colorés à l'hématoxyline, ne montrent pas de surface incolore nette à leur pourtour (fig. 1). A une phase plus tardive, ces fragments filiformes deviennent plus courts et plus gros (Pl. IV, fig. 6).

Source MNHN Paris

2) *Métaphase.* — Les chromosomes sont alors très resserrés et forment une seule masse d'où font saillie quelques bras. Nous n'avons pas observé de fibres fusoriales à ce stade (Pl. IV, fig. 7). L'espace autour de l'amas est toujours optiquement vide. En métaphase tardive, les fibres fusoriales sont apparues et s'étendent des deux pôles jusqu'à la masse chromosomique. On observe à chaque pôle un point noir, pseudo centrosome (Pl. IV, fig. 8). La plaque équatoriale que forme alors l'amas de chromosomes au milieu du fuseau est assez plate et très large.

3) *Anaphase.* — Les chromosomes sont alors dédoublés et les deux groupes de chromosomes filles émigrent normalement vers les pôles. Les deux points sont toujours visibles aux extrémités du fuseau. La région équatoriale est toujours remarquablement élargie (Pl. IV, fig. 9 et 10).

4) *Télophase.* — Les deux groupes arrivés aux deux pôles, les fibres fusoriales sont encore visibles quoique très faiblement, mais les deux points ont disparu, probablement résorbés (Pl. IV, fig. 11).

En télophase tardive, des traces de fibres fusiformes peuvent encore être trouvées, mais seulement près des deux groupes. Ces fibres ne sont pas plus visibles dans la région équatoriale, où la paroi cellulaire nouvelle apparaît comme une ligne (Pl. IV, fig. 12). Ultérieurement, chacun des deux groupes de chromosomes a acquis une apparence homogène en forme de corps arrondi. Aucune trace ne subsiste des fibres fusiformes. La paroi cellulaire est devenue très marquée et les deux cellules filles sont individualisées.

÷

VII. — *FUCUS VESICULOSUS* Linn.

Le thalle de *Fucus vesiculosus* présente des variations importantes de taille et d'aspect, suivant la ramification, la largeur relative aux rameaux, la teinte, la présence ou l'absence de vésicules aérifères, etc., et il est fort possible que sous son nom plusieurs bonnes espèces soient encore confondues. Nous n'avons étudié que la forme-type, caractérisée principalement par la présence constante de vésicules disposées généralement par paire de part et d'autre de la nervure médiane. Son thalle est ramifié par dichotomie. Les extrémités des rameaux fertiles sont différenciées en réceptacles ovoïdes, ou allongés, assez souvent bifurqués. L'absence de marge à ces réceptacles et la présence de vésicules aérifères permettent de le distinguer aisément des autres *Fucus* des côtes françaises. Cette espèce est dioïque. Il se rencontre communément vers la mi-marée, et remonte jusqu'au niveau du *Fucus platy-*

Source MNHN, Paris

carpus. Il ne peut supporter une immersion continuelle et ne se rencontre jamais dans les cuvettes du niveau où il vit.

Nous avons employé les mêmes combinaisons de fixateurs et de colorants que pour *F. platycarpus*. Nous avons observé une même contraction dans l'épiderme comme chez *F. serratus*, contraction qui ne se produit pas chez *F. platycarpus*.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Le noyau, relativement gros, occupe presque le tiers des cellules épidermiques. Le noyau des cellules sous-épidermiques est, par contre, petit. Ces deux types de noyaux sont tous deux ronds ou ovales. La taille des premiers est de 5 à 6 μ, celle des seconds de 4 à 5 μ. Les noyaux du premier type ne se colorent pas tous de façon identique. Le noyau des cellules immédiatement en contact avec la cellule apicale se colore assez faiblement, tandis que les suivants se colorent intensément. La faible coloration de ce noyau semble due à une très fine structure de son contenu. Mais ces deux types de noyaux peuvent également se diviser (Pl. V, fig. 1, 2 et 3).

Substance achromatique. — Elle n'est pas visible, car elle est dissimulée par le réseau de chromatine décrit ci-après.

Réseau de chromatine et granules de chromatine. — Ce réseau est visible dans le type de noyau le plus transparent. Il occupe toute la cavité du noyau et dissimule la substance achromatique. Il ne présente pas une structure très régulière, ainsi qu'on peut le constater le plus souvent. Il n'est pas aussi fin que chez *F. serratus* et *F. platycarpus*. Il se colore plus intensément et est plus net et mieux marqué que chez les deux autres espèces. Les granules de chromatine sont répartis sur lui, le long de la membrane nucléaire et autour du nucléole. Ces granules sont aussi de coloration foncée (Pl. V, fig. 1, 2 et 3).

Nucléole. — Chaque noyau contient un et parfois, quoique rarement, deux nucléoles. Bien que les noyaux montrent, après coloration, deux types distincts, les nucléoles ne se différencient pas les uns des autres. Ils sont ronds et mesurent en général 1 μ. Ils se teintent soit en noir homogène, soit en teinte plus claire au centre qu'à la périphérie. Lorsque les granules de chromatine sont dans le voisinage intime d'un nucléole, celui-ci semble présenter une forme très irrégulière, car il

Source MNHN, Paris

est difficile de distinguer du nucléole les granules qui sont en son contact, tous deux étant colorés également par l'hématoxyline (Pl. V, fig. 2 et 3). Mais on les distingue aisément par la coloration de Feulgen, qui colore exclusivement la chromatine.

Membrane nucléaire. — Elle est épaisse et se colore en noir à l'hématoxyline. Son aspect irrégulier est dû aux granules de chromatine en son contact.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Nous avons déjà mentionné qu'il y a deux types de noyaux, l'un le plus proche de la cellule apicale et qui se colore très faiblement, et l'autre dans son voisinage dont la coloration est plus accentuée. Le Feulgen en colore très nettement le réseau chromatique. Dans quelques cas, lorsque le réseau de chromatine est très dense, le nucléole n'est plus visible.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Selon l'âge du tissu, on observe deux réactions colorées différentes. Le noyau de la vieille cellule épidermique ne se colore que légèrement, tandis que celui de la jeune cellule épidermique prend une teinte foncée. Ils sont ronds ou ovales et ont de 4 à 5 μ.

Substance achromatique. — Elle n'est pas discernable pour la même raison que ci-dessus.

Réseau et granules de chromatine. — La chromatine réticulée est plus épaisse et plus foncée dans les noyaux des jeunes thalles que dans ceux des vieilles cellules où elle n'est pas nettement perçue. On observe souvent la présence de granules de chromatine de taille et de forme diverses sur ce réseau et également en contact avec la membrane nucléaire (Pl. V, fig. 4).

Nucléole et membrane nucléaire. — Le nucléole est ovale et mesure 1 μ. Il présente les mêmes colorations qu'au point végétatif. La membrane nucléaire est plus épaisse dans le noyau des cellules jeunes que dans celui des cellules âgées.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Les observations faites sont les mêmes que chez *F. serratus.*

Source MNHN Paris

III. NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.

Les noyaux, dans ces deux régions, sont très semblables de taille et de forme, et ne diffèrent que par l'intensité de la coloration qu'ils prennent, la ténuité de leur structure et la quantité de granules de chromatine qu'ils contiennent (Pl. V, fig. 5 et 6).

Réseau et granules de chromatine, etc. — Dans ces tissus, le réseau de chromatine est plus fin et se colore moins que celui des noyaux épidermiques; mais les granules de chromatine sont plus épais dans les noyaux du tissu cortical que dans ceux de la moelle. Ces granules se colorent en noir dans les noyaux de l'écorce et seulement en gris foncé, à l'exception de quelques-uns plus grands, dans le noyau de la moelle. On remarque également une coloration plus intense des nucléoles des noyaux corticaux que de ceux des noyaux de la moelle. La membrane nucléaire est très semblable à celle des deux autres *Fucus* étudiés.

Au Feulgen, le noyau de la moelle se colore de façon plus vive et plus nette que le noyau cortical. Les noyaux de la région corticale prennent parfois une coloration rose générale. Ce fait est dû peut-être à l'abondance de granules de chromatine trop fins pour être perçus isolément.

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — Ce stade est très analogue au même stade déjà décrit chez *F. serratus.* Toutefois, nous n'avons pas observé, comme dans les autres espèces, la présence d'un nucléole. Les fragments de chromatine, semblables à des filaments, deviennent plus épais et plus trapus à chaque phase successive. Dans la dernière phase, la membrane nucléaire disparaît complètement et les fragments se différencient en chromosomes. On les distingue alors très nettement les uns des autres (Voir Pl. V, fig. 7 et 8).

2) *Métaphase.* — Les chromosomes se tassent progressivement et, simultanément, apparaissent des fibres fusoriales extrêmement fines. Elles s'étendent depuis les deux pôles vers les deux faces des chromosomes amassés en plaque équatoriale, et elles atteignent et puis, peut-être attirent ces derniers (Pl. V, fig. 9 de *Fucus serratus*). En métaphase tardive, le dédoublement des chromosomes s'effectue normalement.

3) *Anaphase.* — Les deux groupes de chromosomes filles commencent à émigrer vers les pôles en se mouvant parallèlement.

Source MNHN, Paris

Pendant qu'ils s'éloignent l'un de l'autre, les fibres fusoriales s'atténuent. En anaphase tardive, on observe aux pôles deux corpuscules de forme triangulaire (Voir Pl. V, fig. 10 et 11 de *Fucus serratus*).

4) *Télophase.* — Les deux groupes ont atteint les deux pôles. Chaque groupe commence ici à prendre une forme de plus en plus régulière dans laquelle les corpuscules triangulaires semblent absorbés. Généralement, les fibres fusoriales disparaissent totalement, tandis que dans de rares cas leur présence peut être faiblement perçue. En télophase tardive, ces fibres sont toujours disparues. Entre les deux masses de chromosomes se forme la membrane cellulaire qui isole les deux cellules filles (Voir Pl. V, fig. 2).

VIII. — *FUCUS SERRATUS* Linn.

Le *Fucus serratus* se caractérise facilement par son thalle coriace, dichotome et plat, aux bords dentés en scie. Comme tous les *Fucus*, il possède une nervure médiane, mais assez peu saillante, qui subsiste seule à la base du thalle et, épaissie, y forme une sorte de stipe de consistance fibreuse. Les conceptacles sont groupés à l'extrémité des divisions du thalle sans y former de réceptacles aussi saillants et aussi délimités que chez les autres *Fucus* des côtes françaises. Cette espèce est dioïque et les sexes sont faciles à différencier en examinant par transparence les réceptacles : les conceptacles mâles étant orangés et les femelles olivâtres.

Abondante dans la moitié inférieure de la zone des marées, cette espèce est la seule du genre qui puisse supporter une immersion constante dans des cuvettes ou au-dessous des plus basses mers.

Nous avons utilisé, pour la fixation et la coloration, les mêmes combinaisons que pour *Fucus platycarpus*, *Fucus vesiculosus*. La région épidermique s'est contractée avec le Bouin; mais l'action de ce fixateur, très pénétrant, a été satisfaisante sur le tissu central et sur celui du point végétatif. Les autres combinaisons n'ont pas montré cet inconvénient.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Le noyau n'est pas très grand en proportion de la taille des cellules épidermiques. Il est relativement moins grand que chez les *Cys-*

Source MNHN, Paris

toseira. Il mesure de 5 à 6 1/2 μ et est généralement rond ou ovale. Situé à la base de la cellule épidermique, le noyau est presque dissimulé par les organites cytoplasmiques et il est par conséquent difficile de l'apercevoir. Ces organites deviennent gris foncé après fixation au Navaschin ou au Helly, mais ne sont plus visibles après la fixation au Bouin, qui les détruit.

Substance achromatique. — Pour les raisons ci-dessus, cette substance n'est pas visible.

Réseau chromatique. — La cavité du noyau est entièrement remplie par une sorte de réseau que nous appellerons réseau chromatique parce qu'il est composé de substances prenant la coloration de la chromatine, substances qui empêchent de voir la substance achromatique. Ce réseau opaque est cependant fin et ténu. Coloré à l'hématoxyline, il devient noir. Une partie des substances chromatiques n'est pas réticulée, mais granuleuse et est située au contact de la membrane nucléaire et le long de la périphérie du nucléole.

Nucléole. — Il existe en général un nucléole par noyau, quelquefois deux. Ils sont ronds et pas très gros par rapport aux dimensions du noyau. Leur taille varie de 1 à 1 1/2 μ. Leur couleur est d'un noir homogène et une aréole incolore les entoure comme dans les cas étudiés antérieurement.

Membrane nucléaire. — Elle est nettement visible, mais semble irrégulière à cause des nombreux granules de chromatine en contact avec elle. Elle est mince et se colore en gris à l'hématoxyline.

2) Matériel coloré au Feulgen.

On obtient avec ce matériel une coloration positive du réseau de chromatine et des granules de chromatine. Comme dans d'autres cas, le nucléole prend une coloration jaune verdâtre au centre et vert clair à la périphérie.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME*.

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Sauf la taille du noyau, qui n'est que de 4 à 5 μ, les autres caractères sont identiques à ceux observés chez le *Fucus platycarpus*.

Substance achromatique. — Identique à celle du *Fucus platycarpus*.

Source MNHN Paris

Réseau de chromatine, nucléole, etc. — Leurs caractères ressemblent beaucoup à ceux des mêmes noyaux du *Fucus platycarpus*.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Nous n'avons observé aucune différence avec le matériel provenant du *Fucus platycarpus*.

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.*

Il n'y a pas de différence avec *Fucus platycarpus*.

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — Au stade précoce, le réseau chromatique se transforme en de nombreux filaments minces, irréguliers, isolés, situés autour du nucléole, celui-ci restant visible. La membrane nucléaire demeure aussi visible, mais aucun granule de chromatine n'y est accolé (fig. 1). Au stade tardif, ces fragments de filaments épaississent et se resserrent lentement les uns près des autres. La membrane nucléaire cesse alors d'être visible. Le nucléole non visible est résorbé ou entièrement dissimulé par les nombreux fragments de chromatine individualisés maintenant en chromosomes. Au stade tardif, la forme des chromosomes se régularise et ils deviennent plus distinctement visibles (Pl. 5, fig. 8).

2) *Métaphase.* — A ce stade, les chromosomes s'amassent en une formation régulière en formant une plaque équatoriale (fig. 5 et 6). En métaphase tardive, les fines fibres du fuseau apparaissent aux deux pôles d'où elles s'étendent jusqu'aux chromosomes qu'elles attirent ou guident. A ces deux pôles apparaissent deux petits points colorables, mais il n'est pas certain que ce soient de vrais centrioles, car ils ne sont pas le centre d'asters caractérisés. Ils demeurent incolores au Feulgen. Puis, les chromosomes se dédoublent et se séparent en deux amas.

3) *Anaphase.* — Les chromosomes émigrent vers les pôles. La figure 11, Pl. IV, montre le stade précoce de l'anaphase. La figure 12, Pl. V, un stade encore plus avancé. Les deux groupes de chromosomes se meuvent en restant parallèles l'un à l'autre. Le point coloré, centriole douteux, demeure toujours visible aux deux pôles.

4) *Télophase.* — Les chromosomes de chaque groupe sont alors massés aux deux pôles. Parfois un ou deux chromosomes retardataires laissent dépasser un bras de leur anse de l'amas. Les fibres fusoriales paraissent de plus en plus pâles et deviennent presque invisibles. Les points noirs disparaissent des pôles (Fig. 12, Pl. V).

Source MNHN Paris

CHAPITRE VI

LE NOYAU CHEZ LE PELVETIA

IX. — *PELVETIA CANALICULATA* L.

Le thalle de *Pelvetia canaliculata*, seule espèce du genre sur les côtes françaises, est relativement petit pour une Fucacée. Ramifié plusieurs fois, par dichotomie, il forme de courtes touffes assez denses. Ses rameaux étroits, aplatis dans la partie moyenne et vers le sommet du thalle, sont incurvés en gouttière, d'où le nom de l'espèce, mais, à la base, ils sont cependant de section arrondie. Le sommet des rameaux fructifères est renflé en réceptacles simples ou géminés, obtus ou bifurqués. En été, au moment de la fructification, ces réceptacles sont d'un jaune d'or et l'étroite zone que forme l'espèce, à la limite des hautes mers, tranche par sa couleur avec le revêtement brun foncé que forment les *Fucus* sur les roches. Cette espèce ne peut supporter une immersion constante et demeure même à sec pendant plusieurs jours au moment des mortes-eaux; elle possède alors une teinte noirâtre et une consistance cassante. Plus que toute autre Fucacée des côtes françaises, ce *Pelvetia* est une espèce particulièrement parasitée par des Champignons du groupe des Pyrénomycètes. Les échantillons étudiés ont été récoltés, en été, dans les environs de Dinard; l'espèce y est très commune sur les roches et les ouvrages d'art abrités du choc des vagues.

Les combinaisons déjà employées pour la fixation et la coloration du *F. serratus* nous ont donné, ici aussi, de bons résultats et nous n'avons pas observé de changement à cet égard.

A. — Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Le noyau est très grand dans cette région et occupe presque le tiers de la cellule. Les plus grands noyaux se rencontrent presque toujours dans la couche externe du point végétatif, ils sont plus petits sous cette couche. Ces noyaux sont ovales ou arrondis et mesurent de 5 1/2 à 6 1/2 μ. Coloré à l'hématoxyline, le noyau apical prend une

Source MNHN Paris

coloration plus claire que le noyau des cellules épidermiques et est dégagé des organites cytoplasmiques.

Substance achromatique. — Cette substance n'est pas visible dans le noyau des cellules épidermiques, fait dû à la structure épaisse du réseau de chromatine. Ce n'est que dans le noyau de la cellule apicale qu'elle est visible, car le réseau de chromatine y est relativement fin et délié (Pl. VI, fig. 1).

Réseau et granules de chromatine. — Ce réseau est très net dans ce type de noyau. Il prend une coloration plus foncée par l'hématoxyline que dans le noyau de la cellule apicale. Les granules de chromatine, très menus, peuvent être observés en certains points du réseau et aussi contre la membrane nucléaire. Nous n'avons pas observé dans ce cas de granules de chromatine se différenciant par une plus grande taille (Pl. VI, fig. 1).

Nucléole. — Le noyau contient un nucléole, parfois deux. Dans ce dernier cas, l'un est généralement plus gros que l'autre, mais quelquefois ils sont tous deux de même taille. Les nucléoles sont toujours ronds. Là où il n'y en a qu'un dans le noyau, sa taille est d'environ 1 μ, et s'il y en a deux, leur taille ne dépasse pas 1/2 μ. A l'hématoxyline, ils prennent généralement une couleur homogène, quoique dans quelques cas le centre soit plus clair que la périphérie, ainsi que nous l'avons signalé chez les *Fucus* et les *Cystoseira*. Nous n'avons pas observé de granules de chromatine en contact avec le nucléole. S'il y en avait eu le contour du nucléole aurait pris une forme irrégulière. De plus, nous aurions pu les observer après coloration au Feulgen.

Membrane nucléaire. — Cette membrane est nettement visible dans le noyau des cellules épidermiques. Mais elle est extrêmement indistincte dans le noyau de la cellule apicale et ne se colore pas.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Le réseau de chromatine du noyau de la cellule apicale ne se colore pas au Feulgen. Mais la coloration est très nette dans le noyau des cellules épidermiques. Le nucléole réagit de la même manière que dans les autres Fucacées.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les noyaux sont à peine plus petits qu'au point végétatif. Ils sont de même taille et forme dans l'épiderme âgé que dans le jeune. Ils

Source MNHN, Paris

sont ronds ou ovales et mesurent de 3 à 4 μ. Ils sont en contact immédiat avec un contenu cellulaire abondant.

Substance achromatique. — Cette substance n'est pas visible à cause de l'opacité du réseau de chromatine.

Réseau et granules de chromatine. — Ce réseau est ici foncé et épais comme dans *F. vesiculosus* (Pl. VI, fig. 2). Les granules de chromatine sont plus gros ici que dans les noyaux du point végétatif. Comme dans les autres Fucacées, ils se trouvent contre la membrane nucléaire et sur le réseau, mais jamais sur le nucléole.

Nucléole. — Il peut exister un ou deux nucléoles dans chaque noyau. Ils sont ronds et mesurent à peine plus de 1 μ. A l'hématoxyline, ils prennent dans cette région une couleur plus foncée qu'au point végétatif. Ils occupent le centre du noyau. Quand il y en a deux, ils sont relativement éloignés l'un de l'autre.

Membrane nucléaire. — La membrane est bien visible dans les noyaux du vieil et du jeune épiderme. Elle est très épaisse.

2) Matériel coloré au Feulgen.

On ne peut que faire un rapprochement étroit avec ce que l'on observe chez le *F. serratus* (Pl. VI, fig. 2).

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Ils sont semblables de taille et de forme, ronds, ovales, sphériques ou allongés et mesurent de 2 à 3 μ. Comparés aux dimensions des cellules, les noyaux sont ici très petits. Ils sont dégagés des organites cytoplasmiques.

Réseau de chromatine, nucléole, etc. — Le réseau est plus léger dans les noyaux de ces tissus que dans ceux de l'épiderme, mais plus épais que dans les noyaux du point végétatif. Dans quelques cas, on remarque plusieurs granules de chromatine de grande taille sur le réseau des noyaux sous-épidermiques. Mais de tels granules manquent dans les noyaux de la moelle, qui se colorent moins intensément que dans les noyaux épidermiques (Pl. VI, fig. 3 et 4).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Les réactions sont les mêmes que chez *F. vesiculosus.*

Source MNHN Paris

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — Le contenu intérieur du noyau se transforme en de nombreux fragments de filaments. La membrane nucléaire a totalement disparu. Le nucléole demeure encore visible, mais étant donné sa très petite taille, on ne le distingue que difficilement. A une phase plus tardive, les fragments filamenteux sont devenus plus épais. Le nucléole est toujours visible parmi ces fragments (Pl. VI, fig. 5 *a* et 5 *b*).

Puis ils se transforment en fragments plus courts qui entourent le nucléole. Le stade le plus avancé montre que le nucléole disparaît ensuite et que seuls les fragments filamenteux restent éparpillés tout près les uns des autres. Ce sont alors les chromosomes individualisés (Pl. VI, fig. 7).

2) *Métaphase.* — Les chromosomes de la prophase tardive sont maintenant amassés en une plaque équatoriale d'où partent des fibres fusoriales qui les réunissent aux deux pôles opposés (Pl. VI, fig. 7). Chez cette plante, aucun des pôles ne nous a présenté de corpuscule teinté au point de convergence des fibres. La plaque équatoriale est assez aplatie et très large. A une phase plus tardive, les chromosomes qui étaient d'abord mélangés semblent s'écarter çà et là. Ils ont probablement commencé à se séparer en deux.

3) *Anaphase.* — Dédoublés, les chromosomes se séparent en deux groupes différents, puis émigrent vers les pôles. Les groupes semblent se mouvoir en bon ordre en se maintenant bien parallèlement. Les chromosomes filles de chaque groupe se voient nettement (Pl. VI, fig. 8).

Les fibres fusoriales sont toujours visibles à cette phase, la forme générale de l'ensemble du fuseau de chromosomes semble s'être allongée. La figure 8 montre l'anaphase à partir du pôle.

4) *Télophase.* — Les groupes ont atteint les pôles, chacun d'eux se condense de plus en plus. Quelques chromosomes montrent, en dehors des amas, l'extrémité de leurs bras. Les fibres fusoriales deviennent de moins en moins distinctes (Pl. VI, fig. 9). A une phase plus tardive, la forme des amas est devenue plus homogène et ne montre plus de trace d'aucun chromosome. Les fibres fusoriales ont presque disparu.

Source MNHN Paris

CHAPITRE VII

LE NOYAU CHEZ ASCOPHYLLUM

X. — *ASCOPHYLLUM NODOSUM* (L.) Le Jol.

C'est la plus grande des Fucacées des côtes françaises dépassant dans certaines localités 2 mètres de long. Son thalle est formé de rameaux légèrement aplatis, mais sans nervure, irrégulièrement dichotomes, de consistance coriace et portant presque toujours de grosses vésicules axiales ovoïdes très caractéristiques. Ces rameaux portent de petits ramules irrégulièrement espacés, articulés à leur base. Les réceptacles ellipsoïdes terminent des ramules spéciaux qui tombent après la période de reproduction. Cette espèce est dioïque. Commune dans la région de Dinard, surtout dans la Rance, elle s'y rencontre au même niveau que le *Fucus vesiculosus*, mais dans les endroits abrités seulement, et, ne supportant pas une immersion continuelle, ne vit jamais dans les cuvettes.

La fixation au Helly, au Navaschin et au Flemming s'est montrée satisfaisante avec la coloration à l'hématoxyline et au Feulgen. Le Bouin n'a pas donné de résultats satisfaisants parce qu'après lui la coloration des noyaux des cellules épidermiques est trop foncée, alors que les noyaux de la moelle ou de l'écorce sont trop pâles.

A. — Noyau quiescent

1. *Noyau du point végétatif.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Des noyaux de grande taille s'observent dans l'épiderme du point végétatif et des noyaux de petite taille dans l'assise sous-épidermique. Les plus grands noyaux mesurent de 5 1/2 à 6 1/2 μ et les plus petits de 4 à 5 μ. Le noyau apical se colore toujours faiblement, tandis que les autres noyaux se colorent normalement.

Substance achromatique. — Elle est difficilement visible étant masquée par le réseau de chromatine.

Réseau et granules de chromatine. — Ce réseau est nettement visible. On le voit formé de fragments irréguliers de fibres. Par endroits,

Source MNHN Paris

ces fibres paraissent déchirées et détachées. Il est possible que la substance peu résistante et délicate du réseau ne résiste pas à l'action trop brutale des fixateurs. Dans un noyau vivant, en effet, le réseau apparaît comme très régulier et continu et ne montre pas les parties déchirées que l'on observe après fixation.

Les granules de chromatine, très nombreux et de taille variée, sont répartis sur le réseau de chromatine, contre la membrane nucléaire et aussi à la périphérie. Ils peuvent sembler colorés plus ou moins intensément, mais ceci tient à la différence de leur épaisseur (Pl. VI, fig. 10).

Nucléole. — On n'en trouve qu'un ou deux par noyau. Ils sont arrondis, de petite taille ne dépassant jamais 1 μ. Ils agissent aux colorants de la même manière que les autres Fucacées. De nombreux granules de chromatine sont en contact avec eux, par suite, leur forme paraît irrégulière lorsqu'on les colore à l'hématoxyline.

Membrane nucléaire. — Cette membrane, bien que très fine, est bien visible, car elle est bien dégagée des substances cytoplasmiques. Si, ici aussi, elle paraît irrégulière, cette apparence est due aux granules de chromatine accolés à sa partie interne.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Dans beaucoup de cas, le réseau de chromatine se colore en rose pâle, mais sa structure est cependant bien visible. Dans le noyau apical seul, il ne se colore pas du tout par le Feulgen. Les granules de chromatine prennent une coloration rose foncé. Le nucléole réagit négativement comme partout ailleurs.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les noyaux sont de même taille que ceux du point végétatif. Ils mesurent de 4 à 5 μ et sont ronds ou ovales. Ils prennent une coloration plus foncée que ceux du point végétatif.

Substance achromatique. — Cette substance n'est pas visible parce que le réseau la masque presque entièrement.

Réseau de chromatine et granules de chromatine. — Le réseau est très épais et se colore très intensément à l'hématoxyline. Les granules disposés sur ce réseau sont plus gros qu'au point végétatif. De taille et de forme variées, ils sont situés contre la membrane nucléaire et à la périphérie du noyau (Pl. VI, fig. 11).

Source MNHN Paris

Nucléole. — Les noyaux en contiennent un ou deux, mais jamais plus de deux. Ils mesurent de 1/2 à 1 μ, sont ronds et se colorent en noir franc par l'hématoxyline.

Membrane nucléaire. — La membrane est épaisse et se colore nettement en foncé à l'hématoxyline. La présence de granules de chromatine à son contact lui donne une apparence irrégulière (Pl. VI, fig. 11).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Les noyaux de l'épiderme âgé ne réagissent pas au Feulgen, mais on obtient une bonne coloration de ceux de l'épiderme jeune. Le réseau de chromatine se colore tellement que le nucléole, qui ne se colore pas, est invisible. La membrane nucléaire ne se colore pas du tout.

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.*

Ces deux régions possèdent le même type de noyau. La seule différence que l'on puisse trouver réside dans l'intensité de la coloration, la ténuité et l'abondance des granules de chromatine de leurs noyaux (Pl. VI, fig. 12).

CONCLUSIONS DES CHAPITRES V, VI, VII

Si l'on considère l'ensemble des noyaux des espèces de *Fucus* étudiées, la présence d'une structure qui ressemble à un réseau en est la caractéristique constante et la plus importante. Ils appartiennent, par conséquent, au type réticulé. En outre, ils présentent beaucoup d'autres points de ressemblance. Les dimensions des noyaux du point végétatif ne semblent pas différer beaucoup chez ces espèces. En comparant les noyaux du point végétatif avec ceux de l'épiderme, puis de l'écorce et de la moelle, nous avons constaté que les noyaux, dans ces régions successives, étaient de plus en plus petits. Les noyaux sont d'autant plus petits que la région dans laquelle on les trouve est intérieure. Ce sont dans les cellules dépourvues de phéoplastes de la moelle, tissus de soutien et non assimilateurs, que les noyaux sont les plus petits. La substance achromatique est presque invisible dans tous les cas, sauf dans les noyaux des cellules apicales où cette substance est dégagée des granules de chromatine et du réseau de chromatine qui la masquent presque dans les noyaux des autres régions. Le réseau de chromatine est très dense dans tous les noyaux, à l'exception de

Source MNHN, Paris

ceux de la cellule apicale, où il est extrêmement faible. Les granules de chromatine sont répartis sur le réseau, le long de la membrane nucléaire et à la périphérie nucléaire. Ils sont toujours très nombreux et généralement très petits. Le noyau de *Fucus lutarius* fait seul exception et présente quelques gros granules de chromatine. Chaque noyau contient toujours un nucléole, quelquefois deux, mais jamais plus. Malgré la présence de nombreux granules de chromatine adhérant à la membrane nucléaire, nous avons toujours trouvé celle-ci très nettement visible, sauf dans le cas de cellule apicale où aucune partie du noyau n'est bien perceptible en dehors du nucléole.

Dans l'étude de la mitose somatique, nous avons observé que chez toutes les Fucacées, à l'exception de l'*Ascophyllum nodosum*, où nous n'avons pas pu en découvrir, le mécanisme de la mitose est presque identique. La prophase est surtout caractérisée par la formation de chromosomes, la disparition graduelle de la membrane nucléaire et la disparition finale du nucléole. La métaphase montre l'accumulation des chromosomes, la naissance graduelle des fibres fusoriales des deux pôles opposés et à la fin le dédoublement des chromosomes en chromosomes filles. A cette phase, nous avons observé deux organites punctiformes aux deux pôles et l'atténuation progressive des fibres fusoriales. De tels points sont toujours visibles aux sommets des fuseaux dans les noyaux de *Fucus platycarpus*, *F. vesiculosus*, *F. lutarius*, *F. serratus* et *Pelvetia canaliculata*. En télophase, les deux groupes atteignant les pôles se tassent en deux formations homogènes, tandis que les fibres fusoriales et les points de leurs sommets s'atténuent et disparaissent. Les cellules filles sont alors isolées.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE VIII

LE NOYAU CHEZ BIFURCARIA

XI. — *BIFURCARIA TUBERCULATA* Stackh.

Le thalle de cette espèce, de taille médiocre, est cylindrique. Simple à la base, il se ramifie par plusieurs dichotomies successives en rameaux de diamètre égal partout, sauf aux articulations où ils sont très légèrement étranglés. Leurs extrémités sont obtuses ou arrondies. Les thalles s'élèvent d'un enchevêtrement étendu de rhizomes en forme de crampons coralloïdes. Les conceptacles sont localisés à l'extrémité de certains rameaux, mais, sur le vivant, les réceptacles ainsi formés étant de même diamètre, ou presque, que les rameaux, sont peu discernables. Quelquefois, s'observent des vésicules aérifères, petites, isolées et situées généralement à la base des rameaux fertiles. Dans la région de Dinard, cette espèce est rare et ne se rencontre que dans quelques cuvettes de la zone de la marée. En dehors du golfe normand-breton, elle se rencontre plus généralement à très basse mer formant, sur les rochers, une zone assez régulière, au-dessus des Laminaires, qui émerge aux marées de vive eau.

Tous les fixateurs indiqués ont été essayés, mais tous n'ont pas donné de bons résultats. Les combinaisons suivantes se sont montrées les meilleures :

Navaschin et hématoxyline; Navaschin et Feulgen; Helly et hématoxyline; Helly et Feulgen.

Le Bouin, avec coloration à l'hématoxyline, nous a donné une coloration très peu satisfaisante. Le formol est inutilisable, car après son emploi on obtient des noyaux sans structure visible et de coloration homogène.

A. — Noyau quiescent

1. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Les noyaux de cette région sont exceptionnellement grands et mesurent de 5 1/2 à 10 1/2 μ. Ils sont en général arrondis. Ils sont étroitement entourés d'une épaisse masse de protoplasma, de sorte que leur membrane n'est plus discernable.

Source MNHN, Paris

Substance achromatique. — Elle n'est pas nettement visible à cause de la présence abondante de minces fibres et de nombreux granules de chromatine de tailles diverses (Pl. VII, fig. 1).

Filaments et granules de chromatine. — Ces noyaux montrent de nombreux fragments de chromatine filamenteuse. Ceux-ci ne forment pas complètement un réseau, mais sont à peu près isolés. Ces fragments s'observent parfois au contact du nucléole. Les granules de chromatine varient de taille et de forme et forment une sorte de bordure autour de la membrane nucléaire. On en trouve aussi dans la substance achromatique et autour du nucléole (Pl. VII, fig. 1).

Nucléole. — En général, un nucléole seulement s'observe dans chaque noyau. Sa taille est remarquablement grande en proportion de celle du noyau. Ce caractère frappant le fait ressembler au nucléole des *Cystoseira* du type réticulé. Il mesure de 2 1/2 à 5 μ et est de forme ronde ou ovale. L'hématoxyline le colore en foncé et d'une façon homogène. Son contour paraît assez irrégulier à cause des nombreux granules de chromatine qui y adhèrent (Pl. VII, fig. 1).

Membrane nucléaire. — Elle n'est pas nettement visible. A l'hématoxyline, elle se colore comme le protoplasma qui l'environne. Elle serait difficile à délimiter s'il n'y avait de nombreux granules de chromatine attachés à elle (Pl. VII, fig. 1).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Au Feulgen, les filaments de chromatine sont faiblement colorés. Les granules de chromatine, par contre, le long de la membrane nucléaire et autour du nucléole, sont colorés en rose intense. Ils sont ainsi si nettement individualisés qu'il n'est pas difficile de les compter. Ils varient en nombre de 5 à 14. La coloration du nucléole est semblable à celle que l'on observe chez les Fucacées et les *Cystoseira*.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Il y a deux sortes distinctes de noyaux, l'une dans le jeune épiderme, l'autre dans l'épiderme âgé. Les noyaux du jeune épiderme ressemblent beaucoup à ceux du point végétatif et contiennent un gros nucléole et de nombreux granules de chromatine grands et petits. Ces granules sont ici plus grands et plus denses que ceux des noyaux du point végétatif. Les noyaux du vieil épiderme sont très différents. Les granules de chromatine sont ici de beaucoup plus grande taille que

Source MNHN, Paris

ceux du noyau du jeune épiderme. Quelques-uns de ces granules sont aussi massifs qu'un nucléole.

Substance achromatique. — Cette substance dans les noyaux du jeune épiderme est aussi indistincte que dans le noyau du point végétatif. Dans les noyaux du vieil épiderme elle est très nettement visible. Tandis que cette substance, dans le noyau du jeune épiderme, est masquée par la présence de fibres et de granules de chromatine nombreux et ténus, dans le noyau de l'épiderme âgé elle est dépourvue de tels éléments (Pl. VII, fig. 2 et 3).

Granules de chromatine. — Ces granules, dans le noyau du jeune épiderme, sont trop petits et trop nombreux pour être comptés exactement, tandis que dans le noyau de l'épiderme âgé, ils ne sont pas si petits. Ils sont grands à tel point qu'ils peuvent être comparés à un nucléole. On peut les compter sans difficulté. Leur nombre varie de 5 à 11. Ils sont ronds, allongés ou triangulaires. En général, ils sont en contact avec la membrane nucléaire. L'hématoxyline les colore en noir homogène (Pl. VII, fig. 2 et 3).

Nucléole. — Dans les deux types de noyau, le nucléole est situé au centre. Nous n'avons pas observé de noyau en contenant plus d'un. Bien que les granules de chromatine des noyaux de l'épiderme âgé soient quelque peu similaires, en ce qui concerne leur taille, au nucléole, ce dernier se distingue par une zone périnucléaire incolore (Pl. VII, fig. 2 et 3).

Membrane nucléaire. — Elle est très visible dans les deux types de noyaux. Dans le premier type, celui de l'épiderme jeune, la finesse et la régularité de sa structure peuvent sembler un peu modifiées par la présence de plusieurs granules qui y adhèrent; mais dans le second type, elle apparaît d'autant plus nettement que les quelques granules qui y adhèrent sont très gros et bien distincts. La coloration de la membrane est très foncée par l'hématoxyline dans les deux types de noyaux.

2) Matériel coloré au Feulgen.

On obtient une coloration très opaque, mais mal définie du noyau de l'épiderme jeune. Cette confusion est due peut-être à l'existence d'un très grand nombre de granules de chromatine de taille et de forme variées et très proches les uns des autres. La coloration du noyau de l'épiderme âgé est opaque mais définie. Ici, les granules de chromatine sont rose foncé. La substance achromatique est homogène. La membrane nucléaire n'est pas visible.

Source MNHN Paris

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.*

Les noyaux sont de taille semblable dans ces deux régions, taille qui varie de 4 à 5 μ. Leur forme est en général ronde ou ovale. Une différence entre ces deux noyaux ne se manifeste que par coloration. La substance achromatique est plus nettement visible dans le noyau de la moelle que dans le noyau cortical. Coloration gris clair à l'hématoxyline et rose pâle au Feulgen.

On obtient une coloration moins nette et moins marquée des granules de chromatine des noyaux de l'écorce que de ceux des noyaux de la moelle, tant à l'hématoxyline qu'au Feulgen. Coloration plus distincte de la membrane nucléaire et du nucléole du noyau cortical que des mêmes parties du noyau de la moelle. A tous autres égards ces noyaux sont très semblables à ceux de l'épiderme âgé (Pl. VII, Fig. 4 et 5).

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — A la phase précoce, le nucléole semble garder sa position. Les granules et les fibres de chromatine subissent un changement. Ils prennent une forme plus distincte et plus régulière et deviennent moins nombreux. Ils semblent tous se rapprocher du nucléole en laissant plus d'espace net entre eux. La membrane nucléaire n'est pas visible.

Fig. : 12

13

Dans la phase tardive, ils se montrent nettement comme chromosomes et paraissent plus massifs qu'avant. Alors, ils ne viennent pas seulement dans le voisinage du nucléole, mais ils l'entourent de très près. Le nucléole demeure cependant toujours visible. Ensuite, ils

Source MNHN Paris

s'amassent encore plus étroitement et le nucléole n'est plus visible, étant soit absorbé, soit recouvert par eux (Pl. VII, fig. 6). (Fig. 12 et 13, prophase début.)

2) *Métaphase.* — Les chromosomes sont maintenant accumulés de façon très dense. Dans quelques cas, ils sont tellement serrés que beaucoup d'entre eux ne semblent plus être individualisés. L'ensemble prend une coloration homogène foncée à l'hématoxyline. Les fibres fusoriales commencent à apparaître des deux côtés des chromosomes accumulés. Mais ces fibres sont à peine perceptibles, et il semble que leur présence n'est que devinée.

Plus tard, les fibres fusoriales deviennent bien distinctes. Les chromosomes sont toujours accumulés d'une manière si dense qu'ils paraissent une masse allongée.

On peut alors observer deux petits points aux deux pôles, d'où les fibres s'étendent pour atteindre les chromosomes (Pl. VII, fig. 7). Les chromosomes se dédoublent en chromosomes filles. Ils semblent alors avoir une tendance à se séparer de leur accumulation précédente.

3) *Anaphase.* — Ils sont maintenant séparés en deux groupes distincts, chacun d'eux se dirige lentement vers le pôle le plus proche. Les fibres fusoriales qui les unissent semblent aider à leur migration. L'ensemble de la figure générale de ce stade de l'anaphase est remarquablement grand. Même les chromosomes filles de chaque groupe sont de forme très massive.

Les deux points polaires sont visibles même lorsque les groupes de chromosomes filles sont très près des pôles (Pl. VII, fig. 8 et 9).

4) *Télophase.* — En télophase précoce, les chromosomes sont parvenus aux pôles, mais ils ne forment pas une masse homogène. Les deux points polaires sont toujours visibles (Pl. VII, fig. 10). Les chromosomes semblent enlacés les uns aux autres en désordre, montrant çà et là l'extrémité de certains de leurs bras. On observe encore les fibres fusoriales par l'hématoxyline, mais non sur les préparations colorées au Feulgen.

La télophase est aussi d'une taille générale remarquablement grande. Cela permet de distinguer isolément certains des chromosomes qui sont en voie de se tasser en une seule masse. En même temps que les fibres fusoriales commencent à s'effacer aux pôles, la membrane nucléaire apparaît dans la région équatoriale. Au fur et à mesure que cette paroi devient plus nette, les deux masses de chromosomes deviennent plus denses et plus homogènes (Pl. VII, fig. 11).

En télophase tardive, la paroi devient très distincte, et les deux masses deviennent deux corps nets et distincts. Ainsi se termine la division (Pl. VII, fig. 12).

Source MNHN Paris

CHAPITRE IX

LE NOYAU CHEZ HALIDRYS

XII. — *HALIDRYS SILIQUOSA* Lyngb.

Le thalle de cette espèce de grande taille s'élève d'un disque adhésif épais et très bombé. Il est formé d'axes et de rameaux linéaires comprimés et plusieurs fois pennés. Les rameaux inférieurs jeunes sont aplatis et presque foliacés. Le caractère le plus saillant de l'espèce consiste en la présence, à l'extrémité de nombreux ramules, de vésicules aérifères siliquiformes, pédicellées, mucronées et divisées intérieurement en de nombreuses loges transversales. Les conceptacles hermaphrodites sont localisés dans des réceptacles comprimés et lancéolés qui terminent certains ramules. Cette espèce ne peut supporter une exondation prolongée ni fréquente, et se rencontre à très basse mer. Elle remonte, plus rarement, dans les cuvettes de la zone moyenne des marées. Les individus que nous avons étudiés proviennent de telles cuvettes des environs de Saint-Enogat.

En ce qui concerne la fixation et la coloration, les résultats n'ont été bons qu'avec les mêmes combinaisons qui se sont montrées satisfaisantes pour *Bifurcaria tuberculata*. Le Bouin et le formol n'ont été d'aucune utilité.

A. Noyau quiescent

I. *NOYAU DU POINT VÉGÉTATIF.*

1) Matériel coloré a l'Hématoxyline.

Le noyau est grand dans cette région. Il mesure de 3 1/2 à 6 μ. Sa forme est généralement ronde et rarement ovale. Il n'est pas environné d'autant de protoplasma que chez *Bifurcaria tuberculata*. Par suite, la membrane nucléaire est clairement visible.

Substance achromatique. — Cette substance n'est pas visible pour la même raison que chez *Bifurcaria tuberculata*.

Filaments et granules de chromatine. — Nous pouvons presque considérer les filaments de chromatine comme formant un réseau, bien qu'il faille convenir qu'ils ne sont pas très visibles, et que par endroits des filaments paraissent isolés. On observe une grande variabilité de la

Source MNHN, Paris

taille des granules de chromatine. La plupart sont petits, mais quelques-uns d'entre eux, que l'on peut presque compter, sont très gros. Dans ces noyaux, plus la taille des granules de chromatine augmente, plus le nombre total de ces granules décroît. Les gros granules sont situés, pour la plupart, contre la membrane nucléaire. Ces granules sont non seulement de tailles variées, mais ils sont aussi de formes diverses : ronds, ovales, allongés, subsphériques ou triangulaires. Les filaments, qui forment un réseau, se colorent en gris à l'hématoxyline et les granules de chromatine en noir intense (Pl. VIII, fig. 1).

Nucléole. — Le noyau en contient un et quelquefois deux. Il n'est pas de dimension particulièrement grande comparativement à la taille du noyau. Quand il est unique, sa taille varie de 2 à 2 1/2 μ; mais quand il y en a deux, leur taille ne dépasse pas 1 μ. De forme ronde, ils se colorent dans quelques cas en noir homogène; dans d'autres cas, le centre demeure plus clair que la périphérie. Ils présentent aussi une aréole périnucléaire incolore (Pl. VIII, fig. 1).

Membrane nucléaire. — Très fine, cette membrane est cependant nettement visible. Mais sa régularité est souvent modifiée par la présence de nombreux granules de chromatine qui y adhèrent (Pl. VIII, fig. 1).

2) Matériel coloré au Feulgen.

Comme chez *Bifurcaria tuberculata*, les filaments de chromatine sont faiblement colorés, et les granules de chromatine sont de teinte rose foncé. Le nucléole réagit comme chez les autres Fucacées et Cystoseirées. Seuls les gros granules de chromatine peuvent être comptés. Il y en a généralement de 3 à 7.

II. *NOYAU DE L'EPIDERME.*

1) Matériel coloré au Feulgen.

Nous n'avons pas rencontré, chez cette plante, deux types de noyaux comme chez *Bifurcaria tuberculata*. Notons seulement que les noyaux ne réagissent pas tous de la même façon à l'action des colorants. Les noyaux de l'épiderme âgé se colorent de façon plus claire et plus nette que ceux de l'épiderme jeune. Cette différence est due à la ténuité comparativement plus grande du noyau de l'épiderme âgé. La taille des noyaux de ces deux tissus varie de 3 à 4 μ. Ils sont généralement de forme ovale ou ronde.

Substance achromatique. — Cette substance est plus nettement

Source MNHN, Paris

visible dans le noyau de la vieille cellule épidermique que dans celui de la jeune, et est de couleur homogène (Pl. VIII, fig. 2 et 3).

Granules de chromatine. — Il existe deux types de ces granules dans les noyaux des vieilles cellules épidermiques, les uns très petits et très nombreux, les autres, gros et rares, atteignent presque les dimensions des nucléoles. Le nombre de ces derniers varie de 3 à 7. Ils sont presque toujours situés contre la membrane nucléaire. A l'hématoxyline, les petits se colorent en gris et les gros en noir intense.

Les granules de chromatine ne sont pas aussi gros dans les noyaux des cellules de l'épiderme jeune que dans ceux des cellules de l'épiderme âgé. Mais il y a cependant quelques granules qui sont très nettement plus gros que les autres. Les granules dans ces noyaux sont aussi variés de forme et de taille que dans les noyaux du point végétatif (Pl. VIII, fig. 2 et 3).

Nucléole. — Ici aussi, nous trouvons un nucléole et parfois deux. Ils sont très semblables en tant que taille, forme et coloration, à ce que nous avons vu chez *Bifurcaria tuberculata.*

Membrane nucléaire. — Cette membrane est très nettement visible. Peu de petits granules y sont adhérents. Les plus gros, qui y sont attachés, ne sont pas un obstacle à sa définition. On en obtient une coloration d'un noir intense à l'hématoxyline.

2) Matériel coloré au Feulgen.

Les résultats sont ici les mêmes que chez *Bifurcaria tuberculata.*

III & IV. *NOYAUX DE L'ÉCORCE ET DE LA MOELLE.*

La taille des noyaux est la même dans les deux régions. Mais elle est généralement beaucoup plus grande que celle des noyaux de la cellule épidermique et varie de 2 1/2 à 5 μ. Ils sont de forme ronde ou ovale. Une différence entre les noyaux de l'écorce et ceux de la moelle ne s'observe que par la coloration. Dans la moelle, la teinte est plus claire que dans l'écorce.

La substance achromatique est pure et homogène, colorée par l'hématoxyline ou par le Feulgen.

Nous ne voyons pas de granules de chromatine de très petites dimensions. Mais il en existe quelques-uns de grande taille toujours situés le long de la membrane nucléaire.

La membrane nucléaire du noyau cortical est beaucoup plus épaisse que celle du noyau de la moelle. Dans les deux cas, elle se colore en gris (Pl. VIII, fig. 4 et 5).

Source MNHN, Paris

Conceptacles. — Dans l'assise des conceptacles, nous avons observé deux types de noyau; l'un ressemble au noyau du point végétatif dans sa structure, sa forme et sa taille, l'autre ressemble au noyau de l'écorce et de la moelle, sauf par la taille, qui est plus grande, et le nombre de ses granules de chromatine, qui est plus grand. Mais les granules de chromatine dans les noyaux de cette région sont situés contre la membrane nucléaire et parmi la substance achromatique. Les gros granules sont aussi plus nombreux et sont environ au nombre de 22 (Pl. VIII, fig. 6 et 7).

B. — Mitose somatique

1) *Prophase.* — A cette phase, la membrane nucléaire n'est plus visible. Le nucléole a aussi disparu. Les granules de chromatine, tant grands que petits, se sont transformés en nombreux fragments filamenteux que l'on peut déjà appeler chromosomes. Ils montrent une tendance à se rapprocher les uns des autres (Pl. VIII, fig. 8).

2) *Métaphase.* — Les chromosomes ci-dessus se sont massés en une figure allongée. Ils sont toujours distincts bien que serrés étroitement les uns aux autres. Les fibres fusoriales sont maintenant nettement visibles. Il existe aussi, dans ce cas, deux points noirs aux deux pôles de part et d'autre des chromosomes en amas. A un stade tardif de la métaphase, quelques chromosomes formant une partie de la plaque équatoriale se sont dédoublés et séparés en deux groupes. Mais certains demeurent encore ensemble et vraisemblablement indivis (Pl. VIII, fig. 9).

3) *Anaphase.* — Tous les chromosomes sont alors dédoublés et forment deux groupes distincts parallèles. L'anaphase se poursuit ensuite normalement. Les fibres fusoriales et les deux points polaires sont toujours visibles (Pl. VIII, fig. 10 et 11).

En anaphase tardive, quand les deux groupes sont arrivés près des pôles, les points polaires ont disparu. L'ensemble de la figure de l'anaphase est de bien plus petite dimension, par rapport à la cellule, que chez *Bifurcaria tuberculata*.

4) *Télophase.* — Les deux groupes sont maintenant aux deux pôles. Dans chaque groupe, les chromosomes sont massés de façon tout à fait homogène, quoique quelques extrémités de bras de chromosomes, qui font encore saillie, montrent que la phase n'est pas encore achevée (Pl. VIII, fig. 12).

Source MNHN, Paris

En télophase tardive, les deux groupes sont absolument homogènes, et les fibres fusoriales ont à peu près disparu (fig. 9).

Ainsi nous voyons que les noyaux chez ces deux espèces, *Halidrys* et *Bifurcaria*, appartiennent au type granuleux. Chez aucune d'elles, on n'observe de noyau dans lequel existe la structure caractéristique du type réticulé.

Chez les deux espèces, le noyau du point végétatif est grand, nettement plus grand que dans les autres régions, épiderme, écorce et moelle et aussi que dans les conceptacles dans le cas de *Halidrys siliquosa*. Au lieu d'un réseau, existent dans les noyaux de nombreux fragments filamenteux et des granules isolés. La région épidermique montre deux sortes de noyaux, soit par leur structure interne, soit par des différences de coloration. Les noyaux de l'épiderme âgé contiennent des granules de chromatine dont beaucoup sont de taille remarquablement grande, tandis que les noyaux de l'épiderme jeune contiennent des granules qui sont relativement très petits. Mais dans l'un et l'autre type de noyau, la taille des granules est irrégulière, et il en existe quelques-uns nettement plus grands que les autres. La substance chromatique est peu visible dans le noyau du point végétatif ou dans celui de l'épiderme jeune, mais elle est très nettement visible dans le noyau des autres régions.

Cette substance est presque invisible dans le premier cas, car elle disparaît sous l'accumulation des filaments et des granules de chromatine, tandis que dans le dernier cas cette accumulation n'existe pas. Chez *Bifurcaria tuberculata*, nous n'avons pas observé de noyau contenant plus d'un nucléole, tandis que chez *Halidrys siliquosa*, nous avons trouvé quelques noyaux avec deux nucléoles, mais jamais plus. Quelle que soit la région considérée dans l'une ou l'autre plante, la membrane nucléaire est toujours nettement visible, sauf au point végétatif.

Dans l'observation de la mitose des noyaux de ces deux plantes, nous avons remarqué que, par rapport aux dimensions des cellules, les figures cinétiques de chaque phase sont plus grandes chez *Bifurcaria tuberculata* que chez *Halidrys siliquosa*, alors que les noyaux quiescents sont de tailles analogues. En prophase, nous avons noté la disparition graduelle de la membrane nucléaire et la transformation simultanée des granules de chromatine et des fibres en chromosomes. En métaphase, ces chromosomes forment un amas dense, et les fibres fusoriales paraissent atteindre cet amas à partir de deux pôles opposés où s'observent deux points polaires. Cette phase se termine avec la naissance des chromosomes filles résultant du dédoublement des chromosomes primitifs. En anaphase, ces chromosomes filles se séparent

Source MNHN Paris

en deux groupes et émigrent vers les pôles. Les fibres fusoriales et les deux points polaires sont toujours visibles. En télophase, le déplacement se termine aux deux pôles où les deux groupes se transforment lentement en deux corps homogènes, tandis que les fibres fusoriales et les deux points disparaissent et qu'une paroi cellulaire se forme graduellement en individualisant les deux nouvelles cellules.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE X

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Nous avons montré, au début du deuxième chapitre, que nous estimions devoir distinguer trois et même quatre régions distinctes dans le thalle des Fucacées, pour leur étude caryologique.

La région que nous considérons comme la plus importante est celle du point de vue végétatif, et bien qu'étant l'origine de tous les tissus, ce point n'est, topographiquement, qu'une faible partie d'une région plus vaste dénommée épiderme. Les deux autres régions seront l'écorce et la moelle. Le Touzé, à la suite d'autres auteurs, ne distingue, chez cette famille, que deux tissus dans le thalle, l'un central et l'autre pariétal, et n'admet pas, comme d'autres auteurs, trois tissus distincts. Il tient une semblable distinction pour « mal choisie ». Il préfère donner à l'épiderme et à l'écorce une même dénomination, et dit : « Il n'y a aucune raison valable de faire une distinction entre un épiderme et une écorce. » Son objection semble être basée surtout d'un point de vue physiologique. Mais comme nous sommes intéressés ici par le point de vue morphologique du sujet, nous estimons devoir maintenir nos propres divisions du thalle, nos observations nous ayant montré que les noyaux du tissu épidermique possèdent une structure plus nette et plus différenciée que ceux de l'écorce. Les noyaux de la moelle, d'autre part, sont extrêmement pâles et indistincts. Mais la distinction la plus importante se trouve dans la division cellulaire ou mitose sur laquelle nous reviendrons plus loin.

La présente étude de douze espèces de Fucacées a confirmé que leurs cellules sont uninucléées et que les organites cytoplasmiques sont aisément reconnus comme indépendants du noyau, qui possède une complexité structurale interne propre et ne peut, par conséquent, être confondu avec eux.

Le terme de « noyau quiescent » ou « noyau à l'état de repos » est devenu, par suite d'un usage courant, une expression familière. Mais son admission dans le vocabulaire cytologique ne s'est pas faite sans critiques. Ceci est peut-être dû à une certaine ambiguïté, qui semble

Source MNHN Paris

s'attacher à sa signification. Le terme de noyau au repos peut impliquer soit un état temporaire, soit un état définitif. Le premier état n'est qu'une phase transitoire par laquelle passe le nucléus cellulaire entre deux périodes de transformations compliquées, liées à la division cellulaire. C'est ce qu'on appelle une interphase. Quelques auteurs, E.-B. WILSON (1896, 1902), par exemple, inclinent à prendre uniquement l'état de repos dans ce sens. Récemment même, A. EICHHORN (1931) s'est arrêté à l'identité des termes « noyaux au repos et « noyaux interphasiques ». Mais une phase de passage ne mérite pas d'être appelée un état de repos. On comprend pourquoi WILSON dit qu'elle est « faussement caractérisée par état de repos ».

Apparemment, ces chercheurs ne se souviennent pas de la dernière induction quand ils discutent la signification de l'état de repos. Nous ignorons pourquoi ils n'en tiennent pas compte, mais nous sommes convaincus qu'il existe, pour certains noyaux, un état de repos qui est définitivement fixé. Nous avons observé, au cours de nos recherches, certaines régions du thalle où existent des cellules dont les noyaux ne subissent, normalement, aucune division mitosique, ce sont la moelle et les régions âgées de l'écorce et de l'épiderme.

Il convient cependant d'observer que certaines Fucacées, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus platycarpus*, *F. vesiculosus* et *F. serratus* notamment, peuvent présenter des repousses sur des sections de parties vieilles de leur thalle, sections dues soit à l'exploitation par l'homme, soit à l'attaque des mollusques phycophages. L'action irritante de telles lésions peut donc redonner à des cellules vieilles un pouvoir de division qu'elles ne possédaient plus qu'à l'état latent.

Si donc il existe des cellules possédant des noyaux dépourvus de la faculté de division, sans que l'on sache si l'origine de cette carence est nucléaire ou cytoplasmique, c'est un fait qu'il ne faut pas négliger lorsqu'on considère la signification du terme de noyau à l'état de repos. Ce terme général comprend donc deux types particuliers de noyaux : l'un qui correspond à un état de repos temporaire, l'autre à un état de repos définitif. Il est cependant applicable à ces deux types parce que tous deux sont caractérisés par de mêmes conditions générales.

La structure nucléaire comprend, ainsi que nous l'avons vu dans l'étude de chaque plante, plusieurs éléments figurés : membrane nucléaire, substance achromatique, réseau et granules de chromatine et nucléole. La classification des noyaux a été faite souvent d'après la différence de structure de certains de ces éléments. Nous allons considérer d'abord cette question.

Ce qui frappe le plus l'attention, principalement pour des préparations colorées, c'est la substance chromatique généralement admise

Source MNHN Paris

comme constituant la partie essentielle du noyau. En nous basant sur la structure de la chromatine, nous pouvons diviser les algues étudiées en deux groupes. L'un est caractérisé par des noyaux du type réticulé, l'autre par les noyaux du type granuleux.

Parmi les douze espèces de Fucacées étudiées, neuf appartiennent au type réticulé et trois au type granuleux. Le premier type comprend tous les *Fucus* et le plus grand nombre des *Cystoseira*, à l'exception de *C. ericoides*, qui appartient, avec *Bifurcaria tuberculata* et *Halidrys siliquosa*, au dernier type.

Le type réticulé de noyau a été décrit avec précision par SCHMITZ (1884) et par OLTMANNS (1895). Cette dénomination est due à l'existence d'un réseau de chromatine à ramifications irrégulières, ou *reticulum*. Dans le type granuleux, ce *reticulum* est remplacé par de nombreux granules, plus ou moins isolés, de chromatine qui lui donnent son nom. Divers auteurs ont appelé ces granules de noms différents. ROSENBERG (1904) et OVERTON (1905) les appellent « prochromosomes »; BACCARINI (1908) préfère la dénomination de « chromocentres »; LUNDEGARDH (1910) préfère « caryosomes »; SCHILLER (1928) « dauerchromosomes », et GRÉGOIRE (1932) « euchromocentres ».

LE TOUZÉ divise les Fucacées en deux groupes sous le rapport de leur structure nucléaire. L'un est représenté par le type uninucléolé et l'autre par le type granuleux. Il dit que, « en règle générale, le type uninucléolé caractérise la tribu des Fucées; le type granuleux, celle des Cystoseirées ». Cette distinction nous semble erronée pour plusieurs raisons. En premier lieu, elle implique l'illusion faussement logique d'une séparation motivée des deux types, alors que le nucléole et les granules sont deux corps différents qui peuvent caractériser tous deux un même noyau. On ne peut logiquement penser qu'à des divisions telles que uninucléolée, binucléolée ou multinucléolée, ou à des divisions telles que granuleuse ou réticulée; car, dans ces cas, les mêmes organites sont considérés par leur différence en quantité ou leur morphologie variable. Il est donc impossible de diviser des noyaux en type uninucléolé et en type granuleux. Cette erreur fondamentale de LE TOUZÉ trouve sans doute son origine en une mauvaise technique suivie de la confusion du nucléole avec un gros grain de chromatine. En second lieu, il n'est pas exact que la tribu des Fucacées soit caractérisée par le noyau uninucléolé. Dans toutes les espèces de *Fucus* que nous avons étudiées, nous avons observé des noyaux contenant deux nucléoles. En outre, le type uninucléolé de noyau ne se rencontre pas seulement chez les *Fucus*, mais aussi chez certains *Cystoseira*. Enfin, le type granuleux ne caractérise pas les noyaux du genre *Cystoseira*.

Source MNHN, Paris

Parmi les quatre *Cystoseira* que nous avons étudiés, nous avons trouvé que seul C. *ericoides* possédait des noyaux du type granuleux, tandis que les trois autres, comme les Fucées, en possédaient du type réticulé. Nous pouvons, par conséquent, rejeter l'opinion de LE TOUZÉ en disant que ni la tribu des Fucées n'est caractérisée par le type uninucléolé, ni celle des Cystoseirées par le type granuleux.

Mais, même en rejetant l'opinion de LE TOUZÉ, sommes-nous tout à fait certains que la distinction en type réticulé et en type granuleux sont des divisions bien valables ? La technique de l'étude de la structure nucléaire des Fucacées n'est peut-être pas assez avancée pour permettre de rejeter la possibilité que quelques-unes de ces espèces que l'on dit représenter le type granuleux de noyau peuvent un jour montrer une forme particulière du *reticulum* nucléaire, lors de l'utilisation de quelques réactifs spéciaux. Quand des auteurs qualifient les granules de « nœuds du réseau », nous inclinons à penser qu'ils considèrent les granules comme les nœuds d'un réseau rompu ou invisible. En effet, WILSON les considère comme « simplement des portions plus condensées du réseau de chromatine ». Nous pouvons dire que, jusqu'au point où nous avons poussé nos recherches, nous avons rencontré trois espèces de Fucacées présentant le type granuleux et neuf espèces pour le type réticulé. Dans le premier type, les granules de chromatine sont de grande taille, en petit nombre et laissent beaucoup d'espace optiquement vide dans le noyau. Dans le dernier type, il existe aussi des granules contre le réseau; mais ceux-ci sont très petits et nombreux, et ressemblent à ce que nous pourrions appeler de fins nœuds provenant de fragments rompus du réseau extrêmement faible.

La question du type de noyau uninucléolé nous conduit à considérer l'importante inclusion nucléaire appelée le nucléole. Nous avons déjà signalé que, dans toutes les plantes étudiées, nous avons trouvé des noyaux contenant tantôt un, tantôt deux nucléoles, mais jamais davantage. Cette caractéristique est peut-être singulièrement constante chez les algues brunes, du moins dans leurs tissus somatiques. WILSON prétend que le nombre des nucléoles présents dans un noyau peut varier de un à cinq ou plus. Dans leur *Traité de Cytologie*, GUILLIERMOND, MANGENOT et PLANTEFOL émettent un semblable avis : « Les noyaux de tous les végétaux contiennent au moins un et souvent plusieurs corpuscules sphériques, ovoïdes, plus rarement de contour irrégulier : les nucléoles. » WILSON divise les nucléoles en deux sortes : plasmosomes et karyosomes. Il appelle les premiers vrais nucléoles, les seconds nucléoles de chromatine ou nœuds de réseau. Le texte du Traité de GUILLIERMOND ne semble pas montrer une telle division. Quand nous disons que le noyau de nos plantes contient, soit un ou

Source MNHN, Paris

deux nucléoles, nous entendons par là le vrai nucléole de WILSON, chimiquement différent d'un karyosome de chromatine. Selon les auteurs suivants, les espèces suivantes contiennent un plus grand nombre de nucléoles :

SCHILLER (1911) dit que dans les cellules âgées de *Antithamnion Plumula* et *A. cruciatum* (Floridées) on trouve des douzaines de petits fragments nucléolaires aux contours variés.

D'après KYLIN (1916), on trouve dans quelques cellules du cystocarpe des Floridées, par exemple chez *Bonnemaisonia asparagoides*, de quatre à huit granules nucléolaires étroitement associés.

LINDENBEIN (1927) a observé un grand nombre de nucléoles dans les noyaux des cellules internodales des *Characeae*.

HIGGINS (1931) découvre dans les cellules âgées de *Stypocaulon scoparium* un nombre considérable de noyaux.

Dans la présente étude, qui est limitée au thalle de Fucacées, le noyau n'est qu'uninucléolé et occasionnellement binucléolé.

D'après WESTBROOK (1935), chez *Ceramium flabelligerum*, *Laurencia*, *Chondria*, il y a tout d'abord un seul nucléole, plus tard celui-ci s'agrandit et se fragmente en nombreux corps basophiles irréguliers.

Dans quelques oocytes animaux, le nucléole peut prendre l'aspect de chromosomes.

La forme générale du nucléole est ronde ou ovale, mais selon BERGHS (1909), la fougère *Marsilia Drummondii* a une structure nucléolaire particulière. Dans le prothalle, les nucléoles forment des rubans ondulés comme de grands chromosomes.

Le prothalle produit de façon aposporale de *Athyrium Filix-foemina* var. *clarissima* Jones montre la même chose (FARMER et DIGBY, 1907).

La forme du nucléole ressemble fréquemment à celle des grands granules de chromatine. Cette ressemblance a peut-être conduit quelques observateurs à appeler les derniers aussi une sorte de nucléole ou plus exactement nucléole de chromatine. Ces affinités terminologiques semblent induire en erreur, car elles peuvent conduire à minimiser les différences importantes qui existent entre ces deux sortes de substances. Nous n'avons eu aucune difficulté à distinguer le nucléole du granule de chromatine, même dans le cas de taille semblable. Coloré à l'hématoxyline, le premier est environné d'une partie nettement incolore, dite aréole périnucléaire, tandis que le second ne montre rien de semblable. Après coloration au Feulgen, le nucléole demeure incolore, tandis que les granules de chromatine sont inva-

Source MNHN, Paris

riablement colorés en rouge violacé. C'est en général dans le type granuleux de noyau que l'on observe des granules qui possèdent des dimensions très voisines de celles du nucléole. Mais le nucléole, dans ce type de noyau, est situé au centre et, même après coloration au Feulgen, il est reconnaissable avec sa portion centrale un peu jaunâtre. Nous verrons aussi que ces deux substances évoluent différemment pendant la mitose.

Quant à la véritable nature de la substance achromatique qui occupe les intervalles du réseau, quelques auteurs l'ont considérée comme « un liquide remplissant un espace plus ou moins complètement continu traversé par le réseau nucléaire ». Elle ne se colore spécifiquement pas, ni par l'hématoxyline, ni par le Feulgen. La légère coloration qu'elle prend quelquefois est due à une technique mauvaise de la fixation ou de la coloration. Il n'y a donc pas de doute qu'elle soit très différente dans sa nature essentielle de la substance chromatique chez les Fucacées, comme chez tous les végétaux.

La membrane nucléaire a aussi retenu notre attention. Quelques auteurs anciens comme KLEIN (1878) et VAN BENEDEN (1883), nous disent « qu'elle se présente comme une condensation de la substance protoplasmique générale ». Pour SCARTH (1927), la membrane nucléaire comprendrait deux lamelles : l'une, interne, d'origine nucléaire; l'autre, externe, d'origine cytoplasmique. A-t-elle une relation étroite avec la substance achromatique qui, ainsi que nous sommes portés à le croire, n'est pas chimiquement très différente de la substance protoplasmique ? Il semble difficile de l'admettre, car la membrane nucléaire se colore quelquefois, bien que très faiblement, par l'hématoxyline, tandis que la substance achromatique n'est jamais colorée. La non coloration de cette membrane par le Feulgen fait rejeter l'opinion qu'elle présenterait quelque parenté de constitution avec la chromatine, bien qu'elle puisse présenter une coloration positive avec l'hématoxyline. Sans faire de rapprochement avec la substance nucléolaire, les réactions de la membrane sont du même ordre pour les colorations considérées, mais leur cause est sans doute différente et la coloration de la membrane par l'hématoxyline nous semble due plutôt à un état physique particulier de cette membrane qu'à une constitution chimique voisine de celle du nucléole ou de la chromatine. La répartition fréquente des granules de chromatine en contact immédiat avec la substance implique cependant un rapport entre eux.

Si l'on admet que les colorations constituent le meilleur facteur pour déterminer les relations de structure entre les diverses substances nucléaires, on arrive aux conclusions suivantes : 1° Le réseau de chromatine et les granules sont des modes figurés différents d'une même

Source MNHN, Paris

substance, la chromatine; 2° Le nucléole diffère par sa matière et sa structure de la chromatine, et doit avoir quelque relation essentielle avec la substance achromatique; 3° La membrane nucléaire a vraisemblablement une relation avec les substances achromatique et chromatique du noyau.

Les modifications que subit la structure du noyau pendant la division cellulaire sont appelées par SCHLEICHER (1878) karyokinèse et par FLEMMING (1882) mitose. C'est un processus tout à fait remarquable que celui de la division cellulaire qui commence par une transformation graduelle de la chromatine figurée dans le noyau cellulaire. Ce mécanisme montre clairement que la chromatine est la partie la plus essentielle du noyau, probablement même de la cellule elle-même. La transformation, bien que très voisine dans les noyaux des plantes étudiées, n'est cependant pas exactement identique. Dans le type réticulé, nous voyons que la chromatine se résout petit à petit en un filament irrégulier et contourné qui, ultérieurement, se rompt en Chromosomes. Dans le type granuleux, par contre, elle donne progressivement naissance à un certain nombre de chromosomes en forme de courts bâtonnets. Le processus de ce dernier cas semble être direct. Vu la petite taille des noyaux étudiés, il ne nous a pas été possible de suivre le changement du réseau et des granules, ou simplement des granules, en un nombre défini de chromosomes. Pendant que ce changement s'opère, la membrane nucléaire disparaît peu à peu. Il est tout à fait logique de conclure à un lien entre ces deux phénomènes simultanés. Nous avons indiqué plus haut que la répartition des chromosomes au contact fréquent de la membrane impliquait aussi un rapport entre eux. J. DOUTRELIGNE (1933) a insisté déjà sur le contact des prochromosomes avec la membrane nucléaire et leur absence dans la masse du noyau; c'est également ce que nous avons observé dans les noyaux du type granuleux des Fucacées.

En prophase, on observe que le nucléole aussi disparaît déjà souvent. Il peut disparaître plus lentement que la membrane nucléaire, mais c'est un fait qu'il disparaît pendant ou après la formation des chromosomes, en tout cas avant la fin de la télophase. Le nucléole prend-il alors part à la formation des chromosomes ? Quelques observateurs, tels que FLEMMING (1891), ont regardé le nucléole comme « une réserve de matériel qui contribue à la formation des chromosomes pendant la division ». Mais STRASBURGER (1895) ne semble pas partager cet avis. Il croit que le nucléole « n'a pas de relation directe avec les chromosomes », mais qu'il consiste en une substance « de laquelle naît la partie achromatique de la division ». HACKER (1895, 1899), d'autre part, pense que le nucléole est « un sous-pro-

Source MNHN, Paris

duit passif de l'activité chromatique destiné à être absorbé par la substance active ». HACKER appuie son opinion sur le fait « que, dans certaines formes de mitose, le nucléole est, au moment de la division, chassé par le noyau dans le cytoplasme où il dégénère sans fonction apparente ultérieure ». (Vide E. B. WILSON, *The Cell in Development and Inheritance*, pp. 35-36.) Pour notre part, nous n'avons pas vu de cas de nucléole chassé hors du noyau. Nous n'avons observé que sa lente disparition en prophase. Mais nous estimons l'opinion de STRASBURGER plus en accord avec notre point de vue. Car nous avons observé que ce n'est que dans quelques cas que le nucléole persiste jusqu'à la dernière phase de la prophase, alors que les chromosomes ont déjà commencé à se différencier. Mais la disparition du nucléole en prophase tardive est généralement suivie de l'apparition des fibres fusoriales en métaphase précoce. STRASBURGER maintient que le fuseau est l'élément achromatique de la forme de division avec lequel le nucléole est en étroite relation. Ceci pourrait être une réponse au problème.

Mais nous avons à nouveau à répondre à une question que, probablement, ne s'est pas posée STRASBURGER. Nous avons observé que, tandis que la prophase nous a toujours montré la complète disparition du nucléole, la métaphase, dans certains cas, montre l'apparition inattendue de deux nucléoles de part et d'autre des chromosomes amassés en plaque équatoriale. Nous sommes tout à fait certains que ce sont des nucléoles, car ils donnent les mêmes réactions colorées à l'hématoxyline et au Feulgen que le nucléole de la phase interphasique. Nous avons observé deux nucléoles dans cette phase chez des *Cystoseira myriophylloides* et *C. ericoides*. A vrai dire, chez *C. myriophylloides*, les mêmes nucléoles restent présents en anaphase et même pendant la télophase précoce. Nous avons eu la surprise d'observer jusqu'à trois nucléoles, un allongé et deux ronds, pendant la télophase chez certains *C. myriophylloides*. Il se peut que le nucléole allongé soit sur le point d'être divisé et que les deux autres soient le produit de la division. Dans la plupart des cas, ils sont disposés symétriquement, et, d'après quelques auteurs aussi, tels que DE SMET (1914), DE LITARDIÈRE (1921), ABELÉ (1929), EICHHORN (1931), le nucléole montre une disposition symétrique.

Nous avons aussi constaté la présence de deux nucléoles chez *C. granulata* en télophase. *C. foeniculaceae* est le seul *Cystoseira* qui n'ait pas montré ce cas remarquable; nous ne l'avons pas rencontré davantage chez les autres Fucacées. Ces nucléoles disparaissent complètement en télophase tardive. Nous n'avons pu rencontrer dans nos préparations les tout premiers stades de l'apparition de ces nucléoles;

Source MNHN, Paris

aussi, il ne nous est pas possible de donner ici une explication sur le mécanisme de cette apparition. Nous ne sommes pas non plus très certain comment et où disparaissent les nucléoles pendant la télophase. S'introduisent-ils dans les amas polaires de chromosomes et s'y dissolvent-ils ? Ou contribuent-ils de manière plus directe à la formation des nouveaux nucléoles dans les noyaux de la cellule fille ?

Nous avons déjà fait allusion à la formation des fuseaux qui, d'après STRASBURGER, serait en rapport avec le nucléole original dont la disparition pendant la prophase est suivie de l'apparition des fuseaux fibreux en métaphase. Il est possible qu'il existe un rapport entre les substances qui les constituent principalement, parce que le nucléole et le fuseau sont susceptibles de coloration très semblable à l'hématoxyline, tandis qu'au Feulgen, l'un et l'autre ne prennent aucune coloration. Néanmoins, il y a lieu d'être surpris qu'un nucléole, petit et arrondi, puisse donner naissance à l'ensemble de fibres extrêmement grêles et longues, qui forment le fuseau. Bien que l'on sache qu'à l'examen vital, ou après des fixations particulières non acétiques, le fuseau présente un aspect parfaitement homogène, nous estimons sa structure fibrillaire comme réelle et non le résultat d'un artefact. *In vivo*, les fibrilles constituantes seraient d'une ténuité et d'une réfringence telles qu'elles sont au-dessous de la visibilité microscopique, alors qu'après l'action des fixateurs acétiques, grossièrement coagulées, elles s'agglutinent à plusieurs, deviennent ainsi visibles et mettent en évidence la constitution fibrillaire du fuseau.

En ce qui concerne l'accumulation des chromosomes en plaque équatoriale et en la division de chacun d'eux en deux chromosomes filles, cette accumulation se fait en métaphase, et la division est située à peu près entre la fin de la métaphase et le début de l'anaphase. Il n'y a pas de doute que ces deux phénomènes sont en étroite relation avec l'apparition des fibres fusoriales qui s'étendent jusqu'aux chromosomes à partir des deux pôles opposés. Le dédoublement des chromosomes considéré autrefois comme produit par la rétraction des fibres fusoriales qui s'y attachent, ce qui était l'opinion de VAN BENEDEN (1887), est maintenant plutôt considéré comme autonome pour chaque chromosome (BLEIER, 1931). Le cas de chromosomes qui se clivent en deux longtemps avant la formation du fuseau est à l'appui de cette dernière opinion. Chez les Fucacées étudiées, nous n'avons pu observer une telle précocité du clivage chromosomique, et l'ancienne explication conserve peut-être encore, pour ce cas, une partie de sa valeur.

La question de la présence de deux corpuscules, qui apparaissent aux deux pôles, mérite que l'on s'y arrête. A l'exception des *Cystoseira*, nous avons observé ces deux corpuscules polaires dans la plu-

Source MNHN, Paris

part des autres plantes. Nous avons déjà mentionné qu'il nous est difficile de les considérer comme des centrosomes parfaits, étant donné qu'ils ne sont point le centre d'un aster, mais seulement le point de convergence des fibres fusoriales. Nous savons que des observateurs ont donné une grande importance aux centrosomes en matière de division cellulaire. Chez les Fucacées étudiées, cette importance nous semble bien restreinte, une division normale se réalisant chez les *Cystoseira* sans organite visible aux pôles et chez la plupart des Fucées, un simple corpuscule polaire joue le rôle de centrosome.

On peut supposer qu'avec des moyens appropriés de fixation et de coloration autres que ceux employés, on parvienne à déceler aux pôles un centrosome complet, bien que l'on puisse se demander pourquoi les techniques ne permettent pas de les discerner, alors qu'elles permettent de voir les fibres fusoriales extrêmement ténues. Nous en arrivons à croire que la théorie de centrosomes dans la mitose n'est peut-être pas universellement vraie, qu'il y a des cas où les éléments chromatiques se divisent en l'absence totale des centrosomes.

Les conclusions, que nous estimons devoir déduire du présent travail, sont les suivantes :

I. — Au point de vue nucléaire, chez toutes les espèces étudiées, les points végétatifs, qui terminent les axes ou les rameaux, sont les parties les plus importantes. Dans leurs cellules, on observe les noyaux les plus gros et ceux dont la structure est la plus nettement différenciée. C'est dans ces cellules que le rapport nucléoplasmotique est le plus élevé. Les autres parties de l'épiderme, puis l'écorce, viennent après pour ce rapport. La moelle est, de toutes les régions, celle où les divisions sont les moins fréquentes et où le rapport nucléoplasmotique est le plus faible.

II. — Selon les espèces, les noyaux sont uninucléolés ou binucléolés; ces deux types peuvent coexister dans une même espèce. Le nombre des nucléoles par noyau ne dépasse jamais deux.

III. — Les noyaux quiescents comportent des noyaux interphasiques et des noyaux à l'état de repos normalement définitif. Ces derniers présentent une pauvreté relative en éléments figurés, particulièrement en ce qui concerne la chromatine.

IV. — Deux types de noyau existent chez les Fucacées : certaines espèces, *Cystoseira foeniculaceae*, *C. myriophylloides*, *C. granulata*, *Fucus platycarpus*, *F. vesiculosus*, *F. lutarius*, *F. serratus*, *Pel-*

Source MNHN, Paris

vetia canaliculata, *Ascophyllum nodosum*, possèdent des noyaux du type réticulé, d'autres, *Cystoseira ericoides*, *Bifurcaria tuberculata*, *Halidrys siliquosa*, du type granuleux. Les Fucées sont particulièrement caractérisées par le type réticulé.

V. — Les noyaux quiescents des Fucacées, comme le plus grand nombre des noyaux végétaux, comprennent toujours quatre éléments différents : chromatine en réseau ou en granules, substance achromatique, nucléole et membrane. Cette dernière, par ses réactions, est intermédiaire entre la substance achromatique et la substance chromatique figurée.

V. — Le fuseau tire son origine de la substance achromatique. La présence de calottes polaires n'a pas été constatée.

VII. — Chez certaines espèces de Fucacées, la division mitosique s'effectue normalement sans centrosomes visibles. Chez d'autres espèces, les centrosomes sont réduits à de fins corpuscules polaires.

Paris, janvier-décembre 1937.

Source MNHN, Paris

BIBLIOGRAPHIE

1. ALLEN, C.-E. — Chromosome Reduction in Lilium canadense. *Bot. Gaz.* 37 : 464-470, 1904.
2. ALLEN, C.-E. — Nuclear Division in the Pollen Mother Cells of Lilium canadense. *Ann. of Batony*, 19 : 189-258, pl. 6-9, 1905.
3. BERGHS, J. — Formation des chromosomes hétérotypiques dans la sporogenèse végétale. 1. Depuis le spirème jusqu'aux chromosomes murs dans la microsporogenèse d'Allium fistulosum et de Lilium lancifolium (speciosum). *Cellule*, 21 : 173-189, pl. 1, 1904.
4. BERGHS, J. — Depuis le sporogonie jusqu'au spirème définitif dans la microsporogenèse de l'Allium fistulosum. *Cellule*, 21 : 383-397, pl. 1, 1904.
5. BERGHS, J. — Les cinèses somatiques dans le Marsilia. *Cellule*, 25 : 73-84, 1909.
6. BRISTOL, M. — On the life history and cytology of Chlorochytrium grande sp. nov. *Ann. Bot.*, 31 : 107-126, 1917.
7. CARTER, N. — Studies on the chloroplasts of Desmids. *Ann. Bot.*, 33 : 215-254, 1919.
8. CHAMBERLAIN, C.-J. — Methods in Plant Histology, 1915.
9. CHAMBERLAIN, C.-J. — Michrotechnique for marine algae. *Publ. Puget Sound. Biol. Stat.*, 5 : 319-324, 1928.
10. DANGEARD, P. — Traité d'Algologie, 1933.
11. DANGEARD, P.-A. et DANGEARD, P. — Recherches sur le vacuome des algues inférieures. C. *R. Acad. Sc.*, 178 : 1038-1042, Paris, 1924.
12. DARLINGTON, C.-D. — Recent Advances in Cytology, London, 1932.
13. DAVIS, B.-M. — Kernteilung in der Tetrasporenmutterzelle bei Corallina officinalis L. var. mediterranea. *Ber. Deutsch Bot. Gesell.*, 16 : 266-272, 1898.
14. DOUBT, D.-G. — Cytology of Halidrys dioica. *Bot. Gaz.*, 86 : 330-344, 1928.
15. DOUTRELIGNE, J. — Chromosomes et nucléoles dans les noyaux du type euchromocentrique. *La Cellule*, tome XLII, 1933.
16. DREW, K.-M. — Contributions to the cytology of Spermothamnion Turneri (Mert.) Aresch. I. The Diplois Generation. *Ann. Bot.*, 48 : 549-573, 1934.
17. EICHHORN, A. — Recherches caryologiques comparées chez les Angiospermes et les Gymnospermes. *Archives de Botanique*, tome V, Mémoire n° 2, juillet 1931.

Source MNHN, Paris

18. Escoyez. — La mitose chez Stypocaulon scoparium. *La Cellule*, t. 25.

19. Farmer, J.-B. — New investigations into the reduction phenomena of animals and plants. *Proceed. Roy. Soc.*, London 72 : 104-108, fig. 1-6, 1903.

20. Farmer, J.-B. and Moore, J.-E.-S. — On the essential similarities existing between the heterotypic nuclear division in animals and plants. *Anat. Anz.*, 11 : 71-80, fig. 1-29, 1895.

21. Farmer, J.-B. and Williams, J.-L. — On fertilization and the segmentation of the spore in Fucus. *Ann. of Bot.*, 10 : 479-489, 1896.

22. Farmer, J.-B. — Contributions to our knowledge of the Fucaceæ; their life history and cytology. *Phil. Trans. Roy. Soc. London B*, 190 : 623-645, 19-24, 1898.

23. Farmer, J.-B. and Digby, L. — Studies in apospory and apogamy in ferns. *Ann. of Bot.*, 21 : 161-199, pl. 16-20, 1907.

24. Feulgen, R. et Rosenbeck, H. — Mikroscopisch-chemischer Nachweis einer Nucleinsaure vom Typus der Thymonucleinsaure. *Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. Physiol. Chemie*, CXXXV : 203-248, 1924.

25. Feulgen-Brauns, F. — Untersuchungen über die Nuclealfarbung. *Pfluger's Archiv. f. ges. Physiol.*, CCIII : 415-435, 1924.

26. Frew, P. and Bowen, R.-H. — Nucleolar behaviour in the mitosis of plant cells. *Quart. Journ. Micros. Sc.*, 73 : 197-214, 1929.

27. Fritsch, F.-E. — The Structure and Reproduction of Algae. London, 1935.

28. Gards, M. — Sur l'état sexual du Fucus ceranoides L. *Bull. Soc. Bot. France*, 7 : 294-296, 1923.

29. Grégoire, V. — Les cinèses polliniques chez les Liliacées. *Cellule*, 16: 235-297, pl. 1 et 2, 1899.

30. Grégoire, V. — La réduction numérique des chromosomes et les cinèses de maturation. *Cellule*, 21 : 297-314, 1904.

31. Grégoire, V. — La formation des gemini hétérotypiques dans les végétaux. *Cellule*, 24 : 369-420, pl. 1 et 2, 1907.

32. Guilliermond, Mangenot et Plantfol. — Traité de Cytologie végétale, 1933.

33. Guilliermond, A. — Sur la formation des chloroleucites aux dépens des mitochondries. *C. R. Ac. Sc.*, août 1911.

34. Haas, P. and Hill, T.-G. — On examination of metabolic products of certain fucoids. I. Sugar. *Biochem. Journ.*, 23 : 1000-1004, 1929.

35. Hammerling, J. — Entwicklung und Formbildungsvermogen von Acetabularia mediterranea. *Biol. Zentralbl*, LI : 633-647, 1931.

36. Hamel, Gontran. — Les algues de Vigo. *Revue Algologique*, 4 : 81-95, novembre 1929.

37. Hansteen. — Studien z. Anatomie und Physiologie der Fucoiden. *Pringsh. Jahrb.*, 1892.

Source MNHN, Paris

38. Higgins, E.-M. — A cytological investigation of Stypocaulon scoparium (L.) Kütz. with especial reference to the unilocular sporangia. *Ann. of Bot.*, 45 : 345-353, 1931.

39. Holtz, F.-L. — Observations on Pelvetia. *Minnesota Bot. Studies.*

40. Hoyt, W.-D. — The periodic fruiting of Dictyota and its relation to environment. *Amer. Journ. Bot.*, 14 : 592-619, 1925.

41. Hunger. — Ueber das Assimilationsprodukt der Dictyotaceen. *Pringsh. Jahrb.*, 1902.

42. Isaac, W.-E. — Some observations and experiments on the drought resistance of Pelvetia canaliculata. *Ann. of Bot.*, 47 : N° CLXXXVI, april 1933.

43. Jarco, J.-W. — Chemicals destroy lake weeds. *Scient. Amer.*, 138 : 532-533, 1928.

44. Kagawa, F. — Cytological studies on Triticum and Aegilops. 1. Size & Shape of somatic chromosomes. *La Cellule*, 37 : 229-324, 1927.

45. Kelly, A.-P. — An Early Book on Algology. *Science*, 65 : 472-473, 1927.

46. Knight, M. — Studies in the Ectocarpacae. 1. The life history and cytology of Pylaiella litoralis kjellum. *Trans. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, 53 : pt. 2, n° 17 : 243-360, pl. 1-6, 1923.

47. Kylin, H. — Die Entwicklungsgeschichte und die systematische stellung von Bonnemaisonia asparagoides (Woodw.). *Zeit. Bot.*, 8 : 545-586, 1916.

48. Langeron, M. — Précis de Microscope. Paris, 1925.

49. Le Touzé. — Contribution à l'étude histologique des Fucacées. *Rev. générale de Botanique*, 1911.

50. Lindenbein, W. — Beitrag zur cytologie der charales. *Planta*, IV : 437-466, 1927.

51. Lison, L. — Histochemic animale methods et problems. 1936.

52. Ludford, R.-J. — The chromatin content of normal and malignant cells, as demonstrated by Feulgen's Nuclealreaktion'. *Proced. Roy. Soc.*, B., CII : 397-406, 1927.

53. Lutman, B. — Cell and nuclear division in Closterium. *Bot. Gaz.*, 51 : 401-430, 1911.

54. Mangenot, G. — Notes sur la cytologie de Laminaires. *C. R. Soc. de Biol.* (Lyon), 83 : 522-523, 1923.

55. Mangenot, G. — Faits concernant la biologie de Fucus vesiculosus L. *C. R. Société de Biologie*, 96 : 528-529, 1921.

56. Mangin. — Recherches anatomiques sur la distribution des composés pectiques chez les végétaux. *Journ. de Bot.*, 1891-1893.

57. Mathias, W.-T. — The cytology of Callithamnion brachiatum, *Bonnem. Publ. Hartley Bot. Lab.*, V : 1-27. Liverpool, 1928.

58. Montgomery, T.-H. — The spermatogenesis of Peripatus (Peripatopsis) balfouri up to the formation of the spermatid. *Zool. Jahrb.*, 14 : 277-368, pl. 19-25, 1900.

Source MNHN Paris

59. MONTGOMERY, T.-H. — The heterotypic maturation mitosis in amphibia and its general significance. *Bil. Bull.*, 4 : 259-269, fig. 1-8, 1903.

60. MOORE, L.-B. — Pelvetia fastigiata. *Bot. Gaz.*, 86 : 419-434, 1928.

61. MOTTIER, D.-M. — The development of the heterotypic chromosomes in pollen mother cells. *Bot. Gaz.*, 40 : 171-177, 1905.

62. MOTTIER, D.-M. — Same (final paper). *Ann. of Bot.*, 21 : 309-347, pl. 27 et 28, 1907.

63. MYERS, M.-E. — The life history of the brown algae Egregia menzesii. *Univ. of California Bot. Publ.*, 14 : 225-246, pl. 49-52, 1928.

64. NAYLOR, G.-L. — Form of Fucus spiralis. *Revue Algologique*, 7 : 423-439, février 1936.

65. NEWTON, Lily. — A Handbook of the British Seaweeds, 1931.

66. OLTMANNS. — Beit. z. kentniss der Fucaceen. *Bibliotheca botanica*, 1899, helf. 14.

67. OLTMANNS. — Morphologie und Biologie der Algen. Iéna, 1904 et 1922.

68. RATH, O. VOM. — Zur kentniss der spermatogenese von Gryllotalpa vulgaris Latr. *Arch. Mikr. Anat.*, 40 : 102-132, pl. 5, 1892.

69. REES, M.-E. — Some observations on Bifucaria tuberculata Stackh. *Annals of Bot.*, 47, n° CLXXX, janv. 1933.

70. REINKE. — Beit. z. kentniss der Tange. *Pringsh. Jahrb.*, 1876, 10.

71. ROSENBERG, O. — Ueber Reduktionstheilung in Drosera. *Meddel. Stock. Hogs. Bot. Inst.*, 1904.

72. ROSENBERG, O. — Zur kentniss der Reduktionstheilung in Pflanzen. *Bot. Notiser*, 1-24, fig. 1-14, 1905.

73. RUCKERT, J. — Zur Eireifung bei Copepoden. *Anat. Hefte*, 4 : 261-351, pl. 21-25, 1894.

74. SAUVAGEAU, C. — Note sur l'Ectocarpus (Pilayella) fulvescens. *Journ. de Bot.*, 1896, 10.

75. SAUVAGEAU, C. — A propos de quelques Fucus du bassin d'Arcachon. *Bull. Stat. Biol. d'Arcachon*, 20e année, Bordeaux, 1923.

76. SAUVAGEAU, C. — Sur l'état quiescent prolongé d'une algue pheosporée éphémère. C. *R. Acad. Sciences*, Paris, 1923.

77. SAUVAGEAU, C. — Sur un nouveau type d'alternance de générations chez les algues brunes : les Sporochonales. C. *R. Acad. Sc.*, 1926.

78. SCHAFFNER, J.-H. — The division of the macrospore nucleus (of Lilium philadelphicum). *Bot. Gaz.*, 23 : 430-452, pl. 37-39, 1897.

79. SCHAFFNER, J.-H. — Chromosome reduction in the microsporocytes of Lilium tigrinum. *Bot. Gaz.*, 41 : 183-191, pl. 12 et 13, 1906.

80. SIMONS. — A morphological study of Sargassum filipendula. *Bot. Gaz.*, 1906, 41.

81. SKRINE, P.-M. — A member of the Fucaceæ from the Dovey salt marshes. *Journ. of Botany*, t. LXVII, 1929.

82. SMITH, J.-M. — English Botany, Cryptogamia, 1927.

Source MNHN Paris

83. STRASBURGER, E. — Periodic reduction of the number of chromosomes in the life-history of living organism. *Ann. of Bot.*, 8 : 281-316, 1894.

84. STRASBURGER, E. — Kerntheilung und Befruchtung bei Fucus. *Jahrb. Wiss. Bot.*, 30 : 351-374, pl. 17 et 18, 1897.

85. STRASBURGER, E. — Ueber Reduktionstheilung. *Sitzungsb. Konigl. Preuss. Akad. Wiss.*, 18 : 587-614, fig. 1-4, 1904.

86. STRASBURGER, E. — Zur Frage eines Generationswechsel bei Phaeophyceen. *Bot. Zeit.*, 64 : 2-7, 1906.

87. SYKES (Miss). — Histology of Macrocystis pirifera and Laminaria saccharina. *Ann. of Bot.*, 1908, 22.

88. TIFFANY, L.-H. — Some economic aspects of the algae. *School Science, Math.*, 28, 1928.

89. TILDEN, J.-E. — Some hypothesis concerning the phylogeny of the algae. *Amer. Nat.*, 62, 1928.

90. TILDEN, J.-E. — Our richest source of vitamines. *Scient. Amer.*, 1928.

91. TILDEN, J.-E. — The Algae and Their Life Relations, 1935.

92. VAN TIEGHEM, Ph. — Eléments de Botanique, 1898.

93. WILSON, E.-B. — The Cell in Development and Inheritance. *Sec. Edit.*, 1902.

94. WESTBROOK, M.-A. — Contributions to the cytology of tetrasporic plants of Rhodymenia palmata (L.) Grev., and some other Florideae. *Ann. of Bot.*, 42 : 149-172, 1928.

95. WESTBROOK, M.-A. — The structure of the nucleolus in Callithamnion Spp. *Bot. Gaz.*, 44 : 1012-1015, 1930.

96. WESTBROOK, M.-A. — Observations on nuclear structure in Florideae. Sonderabdruck aus., *Beihefte zum Botanischen Centralblatt*, band LIII, 1935.

97. WILLIAMS, J.-L. — Studies in the Dictyotaceae. 1. The cytology of the tetrasporangium and the germinating tetraspore. Ann. of Bot., 18 : 141-160, pl. 9 et 10, 1903; 2. The cytology of the gametophyte generation. *Ann. of Bot.*, 18 : 183-204, pl. 12-14, 1904.

98. WOLFE, J.-J. — Cytological studies on Nemalion. *Ann. of Bot.*, 18 : 609-630, pl. 40 et 41, 1904.

99. YAMANUCHI, S. — The life-history of Polysiphonia. *Bot. Gaz.*, 42 : 401-449, pl. 19-28, fig. 3, 1906.

100. YAMANUCHI, S. — Sporogenesis in Nephrodium. *Bot. Gaz.*, 45 : 1-30, pl. 1-4, 1908.

101. YAMANUCHI, S. — Apogamy in Nephrodium. *Bot. Gaz.*, 45 : 289-318, fig. 3, 1908.

102. YAMANUCHI, S. — Mitosis in Fucus. *Bot. Gaz.*, 1909, 27.

Source MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LÉGENDE DES PLANCHES

(Toutes les figures des planches sont au même grossissement : × 1.900)

Planche I

Cystoseira

Fig. 1. — Noyau d'une cellule du point végétatif (*Cystoseira myriophylloides* Sauv.).
Fig. 2. — Noyau d'une cellule du point végétatif avec deux nucléoles.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule épidermique.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 5. — Noyau d'une cellule médullaire.
Fig. 6. — Début de prophase (*Cystoseira myriophylloides* Sauv.), vue latérale.
Fig. 7. — Début de prophase montrant l'irrégularité du nucléole.
Fig. 8. — Prophase (début) (*Cystoseira myriophylloides* Sauv.).
Fig. 9. — Début de la métaphase, vue latérale (*Cystoseira granulata* (L.) Ag.
Fig. 10. — Métaphase, vue latérale (*Cystoseira granulata* (L.) Ag.
Fig. 11. — Anaphase, vue latérale.
Fig. 12. — Achèvement d'une division en vue latérale.

Planche II

Cystoseira foeniculaceae Grev.

Fig. 1. — Noyau de la cellule apicale.
Fig. 2. — Prophase commençante montrant le nucléole et les fins filaments de chromatine.
Fig. 3. — Métaphase montrant la disposition des chromosomes en plaque équatoriale.

Cystoseira ericoides (L.) Ag.

Fig. 4. — Noyau de la cellule apicale.
Fig. 5. — Noyau d'une cellule épidermique.
Fig. 6 et 7. — Noyaux des cellules de l'écorce (supérieure et inférieure).
Fig. 8. — Noyau d'une cellule de la moelle.
Fig. 9. — Début de prophase avec nucléole.
Fig. 10. — Début de prophase sans nucléole.
Fig. 11. — Métaphase (avec deux nucléoles symétriques).
Fig. 12. — Métaphase (avec deux nucléoles disposés asymétriquement).

Source MNHN Paris

Planche III

Fucus platycarpus Thur.

Fig. 1. — Noyau de la cellule apicale.
Fig. 2. — Noyau d'une cellule épidermique.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule du point végétatif.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 5. — Noyau d'une cellule médullaire.
Fig. 6. — Début de prophase.
Fig. 7. — Début de prophase.
Fig. 8. — Début de la métaphase, vue latérale montrant deux corpuscules polaires.
Fig. 9. — Début de métaphase, vue latérale.
Fig. 10. — Anaphase, vue latérale.
Fig. 11. — Stade plus avancé d'anaphase, vue latérale.
Fig. 12. — Télophase, vue latérale.

Planche IV

Fucus lutarius Kütz.

Fig. 1. — Noyau d'une cellule du point végétatif.
Fig. 2. — Noyau d'une cellule de l'épidermique.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule du poil.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 5. — Noyau de la cellule medullaire.
Fig. 6. — Début de prophase.
Fig. 7. — Début de métaphase (fibres fusoriales pas encore visibles), vue latérale.
Fig. 8. — Métaphase, vue latérale (avec deux corpuscules polaires.
Fig. 9. — Début d'anaphase (deux corpuscules visibles).
Fig. 10. — Anaphase plus avancée.
Fig. 11. — Télophase, vue latérale.
Fig. 12. — Achèvement d'une division, vue latérale.

Planche V

Fucus vesiculosus L.

Fig. 1. — Noyau de la cellule apicale.
Fig. 2. — Noyau d'une cellule du point végétatif.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule voisine de la cellule apicale.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule épidermique.
Fig. 5. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 6. — Noyau d'une cellule médullaire.

Source MNHN, Paris

Fucus serratus L. (Epiderme jeune)

Fig. 7. — Début de prophase.
Fig. 8. — Stade plus avancé de prophase.
Fig. 9. — Metaphase, vue latérale, montrant deux corpuscules polaires.
Fig. 10. — Anaphase, vue latérale (deux corpuscules polaires visibles).
Fig. 11. — Anaphase, vue latérale (avec deux corpuscules polaires).
Fig. 12. — Télophase, vue latérale.

Planche VI

Pelvetia canaliculata (L.) Decne et Thur.

Fig. 1. — Noyau de la cellule apicale.
Fig. 2. — Noyau d'une cellule épidermique.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule médullaire.
Fig. 5 *a* et 5 *b*. — Début de prophase (5 *b* noyau partiellement incomplet par suite de la coupe).
Fig. 6. — Prophase plus avancée.
Fig. 7. — Métaphase avec deux corpuscules polaires (vue latérale).
Fig. 8. — Aanaphase, vue latérale.
Fig. 9. — Début de télophase.

Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol.

Fig. 10. — Noyau de la cellule initiale.
Fig. 11. — Noyau de cellule épidermique.
Fig. 12. — Noyau de cellule corticale.

Planche VII

Bifurcaria tuberculata Stackh.

Fig. 1. — Noyau de la cellule initiale.
Fig. 2. — Noyau d'une cellule de l'épiderme jeune.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule de l'épiderme âgé.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 5. — Noyau d'une cellule médullaire.
Fig. 6. — Prophase plus avancé.
Fig. 7. — Métaphase avec deux corpuscules polaires, vue latérale.
Fig. 8. — Anaphase avancée avec deux corpuscules polaires.
Fig. 9. — Anaphase plus avancée.
Fig. 10. — Début de télophase.
Fig. 11. — Fin de la télophase.
Fig. 12. — Achèvement d'une division, vue latérale.

Source MNHN Paris

Planche VIII

Halidrys siliquosa (L.) Lyngb.

Fig. 1. — Noyau de la cellule initiale.
Fig. 2. — Noyau d'une cellule de l'épiderme jeune.
Fig. 3. — Noyau d'une cellule de l'épiderme âgé.
Fig. 4. — Noyau d'une cellule corticale.
Fig. 5. — Noyau d'une cellule médullaire.
Fig. 6. — Noyau d'une jeune cellule de la paroi d'un conceptacle.
Fig. 7. — Noyau de cellule âgée de la paroi d'un conceptacle.
Fig. 8. — Début de prophase.
Fig. 9. — Métaphase avec deux corpuscules polaires, vue latérale.
Fig. 10. — Début d'anaphase, vue latérale.
Fig. 11. — Anaphase plus avancée.
Fig. 12. — Télophase avancée.

Source MNHN Paris

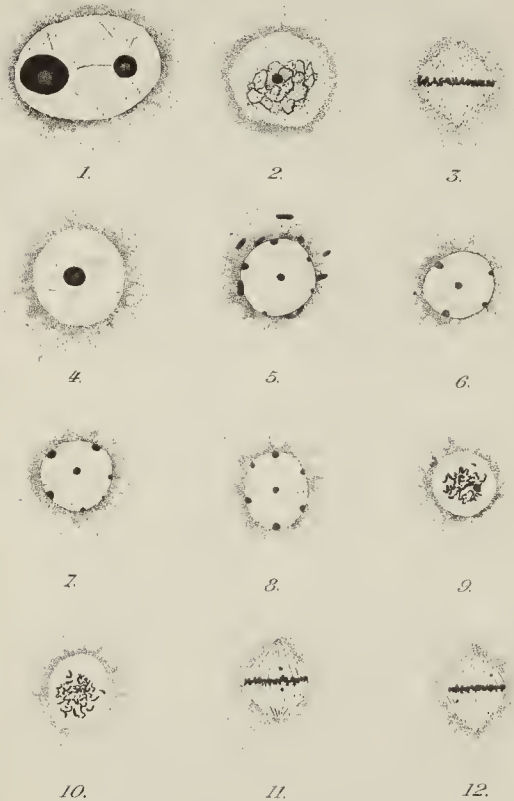
NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. I.

Cystoseira myriophylloides Sauv.
et C. *granulata* (L.) Ag.

K. ROY, DEL.

Source MNHN, Paris

NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. II.

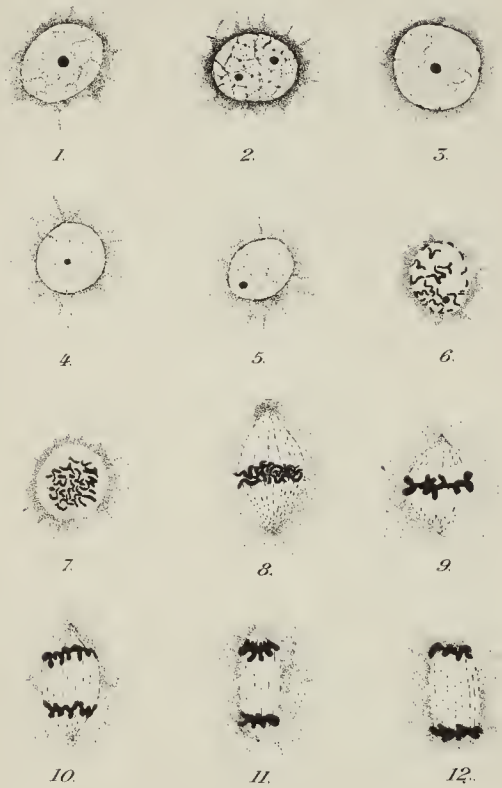


Cystoseira foeniculacea Grev.
et *C. ericoides* (L.) Ag.

K. ROY, DEL.

Source MNHN, Paris

NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. III.

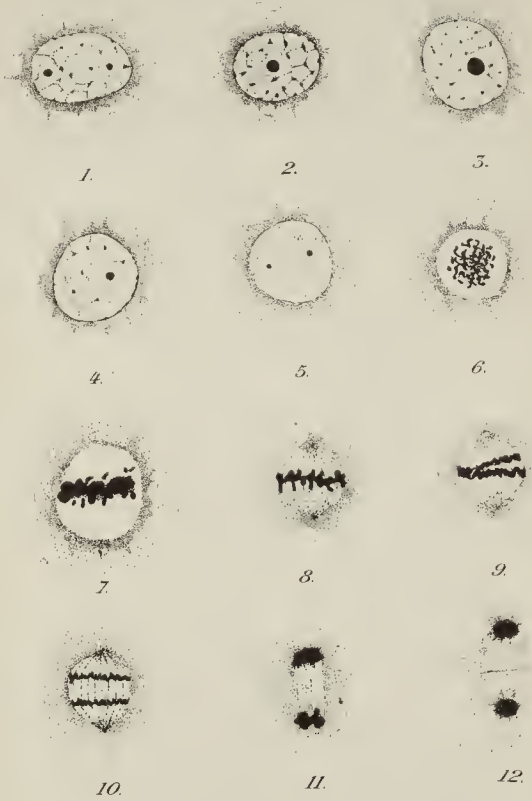


Fucus platycarpus Thur.

K. ROY, DEL.

Source MNHN, Paris

NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. IV.

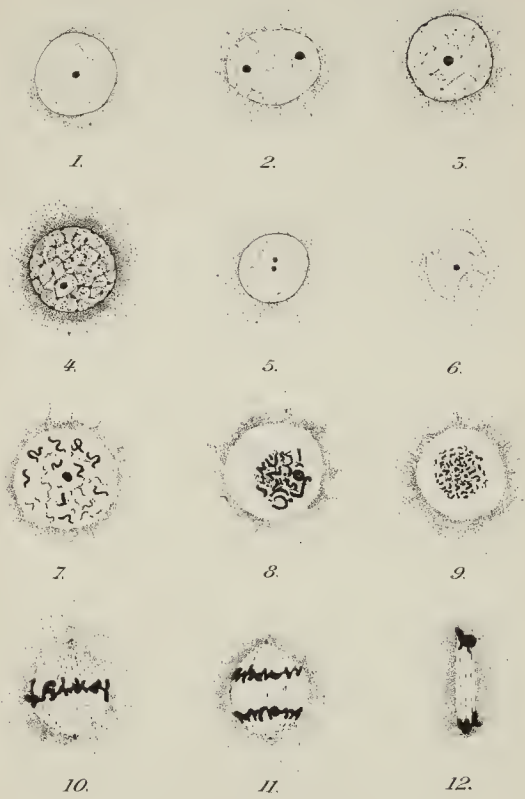


Fucus lutarius Ktz.

K. ROY, DEL.

Source MNHN Paris

NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. V.



Fucus vesiculosus L.
et *Fucus serratus* L.

K. ROY, DEL.

Source MNHN Paris

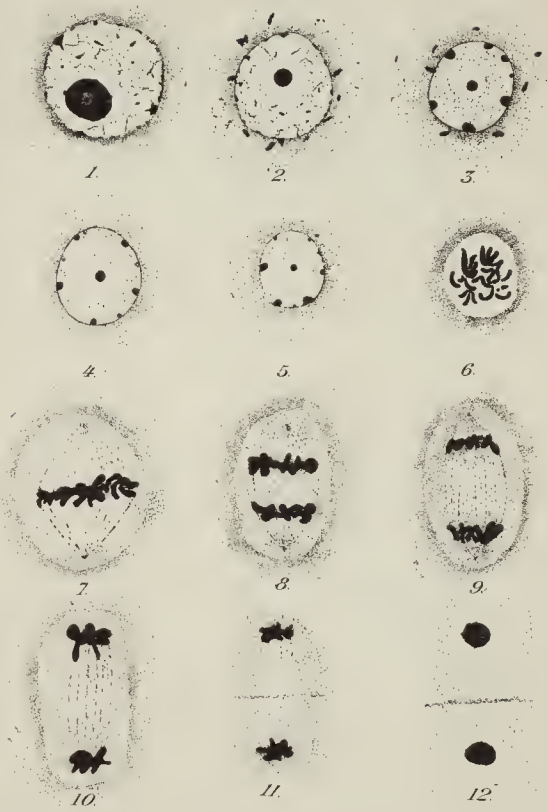
NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. VI.

Pelvetia canaliculata (L.) Decne et Thur.
et *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol.

K. ROY, DEL.

Source MNHN, Paris

NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. VII.

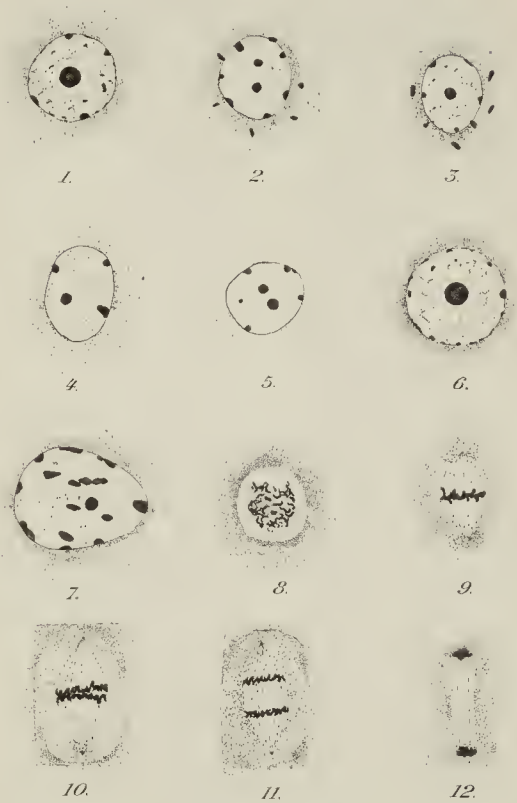


Bifurcaria tuberculata Stackh.

K. ROY, DEL.

Source MNHN, Paris

NOYAUX DES FUCACÉES — Pl. VIII.



Halidrys siliquosa (L.) Lyngb.

K. ROY, DEL.

Source MNHN, Paris

Nouvelles recherches sur l'anatomie comparée des Eugléniens : les Péranémines

par M. CHADEFAUD

J'ai consacré un premier mémoire, paru en 1937, à élucider divers points concernant l'organisation des Eugléniens verts ou Euglénines, et plus spécialement celle des Euglènes. Ce nouveau mémoire portera au contraire sur la structure des Eugléniens incolores à nutrition holozoïque, ou Péranémines. Ces organismes constituent le rameau « animal » du phylum euglénoïde, tandis que les Euglénines en sont le rameau « végétal » ; bien que l'absence de plastidome différencié constitue une simplification, ils ont en réalité une structure anatomique plus complexe que les Euglènes, et qui jusqu'ici n'a pas été suffisamment bien débrouillée ni comprise. Il est facile en effet de constater que les descriptions des auteurs, même récents, sont ou bien imprécises, ou bien contradictoires sur divers points.

Mes observations personnelles, résumées par les fig. 3, 4 et 6, ont porté sur un *Peranema*, deux *Entosiphon*, et un *Scytomonas*, tous récoltés aux environs immédiats de Beauvais (Oise), en mai 1937.

Le *Peranema* (fig. 3) avait les caractères classiques de *P. trichophorum* (Ehr.) Stein, sauf en ce qui concerne les fouets ; outre le fouet principal, dirigé vers l'avant, et bien visible, il possédait en effet un second fouet dirigé vers l'arrière, mais difficile à voir parce qu'il était grêle et collé au corps (f_2, sur la fig. 3, en B). Je ne pense pas que ce soit là une raison suffisante pour ne pas attribuer cet organisme à l'espèce *P. trichophorum*, laquelle a été en effet trouvée pourvue de deux fouets par Korschikow (1924), Lackey (1933) et R.-P.

Source MNHN, Paris

HALL (1934), de sorte que sa diagnose classique doit être considérée comme incorrecte.

Les deux *Entosiphon* ont été trouvés dans la même récolte que le *Peranema*, parmi des Algues provenant d'un fossé stagnant. Il m'est difficile de les rattacher avec précision aux espèces décrites jusqu'ici. La première espèce (*Entosiphon I*, en A et B, fig. 4) est sans doute une forme mineure d'*E. sulcatum* Stein, dont elle a l'aspect général et le petit nombre de côtes; sa taille, de l'ordre de 18 μ, est un peu plus faible que celle des individus décrits par STEIN. L'autre espèce (*Entosiphon II*, en C, fig. 4) se rapproche par sa taille d'*E. obliquum* Klebs, mais elle n'a pas la forme d'œuf renversé de cette dernière, et son « Staborgan », au lieu d'être court, est aussi long que le corps; sa longueur atteint 12 à 13 μ; sans doute faudrait-il en faire une espèce nouvelle.

Quant au *Scytomonas* (fig. 6, A à D), il a été trouvé parmi des Euglènes qui formaient une couche verte à la surface d'une mare vaseuse et souillée de purin, et il me paraît être exactement celui que KLEBS décrit et figure sous le nom de *Sc. pusilla* Stein. Reste à savoir si KLEBS ne s'est pas trompé; LEMMERMANN (1913) suppose en effet que l'organisme qu'il a étudié n'est pas celui de STEIN, et n'est même pas un *Scytomonas*, mais mériterait de former un nouveau genre. Je ne puis résoudre cette question épineuse, ni celle des relations entre cet organisme et les autres espèces, plus ou moins valables, du G. *Scytomonas* : *Sc.* (*Copromonas*) *subtilis* Dobell, 1908; *Sc.* (*Copromonas*) *major* Berliner, 1909; *Sc. pusilla* var. *sarmatica* Drezepolski, 1925. Provisoirement, l'organisme que j'ai observé pourra être désigné comme « forme klebsienne de *Sc. pusilla* Stein ».

Je n'ai mis en œuvre aucune technique compliquée; je me suis borné à des examens vitaux aussi approfondis que possible, avec ou sans le secours de colorations vitales par le rouge neutre ou le bleu de crésyle, et à l'étude d'individus tués et colorés par la solution iodo-iodurée. Je n'ai donc pu aborder certaines questions, telles que celle des relations entre l'appareil flagellaire et le noyau. Par contre, je crois avoir été à l'abri de certaines erreurs commises par des auteurs ayant travaillé sur matériel fixé et coloré, dans lequel les organes avaient été déformés ou déplacés par l'action des réactifs.

J'ai ensuite confronté les résultats de mes observations aux descriptions et aux figures des auteurs qui ont étudié les diverses Péranémines, en m'efforçant de comprendre la raison des désaccords constatés. J'ai aussi établi une comparaison avec les Euglénines. Avant de rapporter mes conclusions, je rappellerai celles auxquelles aboutissent mon mémoire de 1937 et mes publications antérieures :

Source MNHN, Paris

a) Les Eugléniens sont des Protistes trichocystifères, au même titre que les Chloro-, Crypto- et Dinomonadines, et que les Ciliés. Leurs prétendus « corps mucifères » sous-cuticulaires sont, en effet, des corps trichocystiques, globuleux, bacilliformes ou fusiformes, homologues à des trichocystes.

b) Comme les autres Protistes trichocystifères, les Eugléniens peuvent être qualifiés de Protogastréades, parce qu'ils possèdent une surface ectodermique et une surface entodermique, à la façon des Gastréades ou Métazoaires, dont ils sont donc, non pas certes les ancêtres réels, mais une préfiguration parmi les Protistes. La surface ectodermique est la paroi externe du corps; la surface entodermique est celle du réservoir et de son goulot, que j'ai réunis sous le nom de fosse vestibulaire ou *vestibulum*, parce que chez les Péranémines les proies y sont introduites avant d'être phagocytées, exactement comme elles le sont dans l'enteron des Hydres. Un semblable *vestibulum* s'observe chez les Chloromonadines; chez les Cryptomonadines, il constitue le prétendu « pharynx »; chez les Ciliés, c'est aussi le « pharynx », souvent précédé d'un *prevestibulum*, le péristome; enfin, chez les Dinomonadines, il est réduit et dédoublé, et forme les deux « puits flagellaires » au fond desquels, selon HOVASSE (1933), sont insérés les deux fouets, tandis que le *prevestibulum* ou péristome constitue les deux sillons caractéristiques, l'un longitudinal, l'autre transversal, où les fouets sont couchés.

Chez les Euglénines, le plastidome chlorophyllien doit être qualifié d'ectodermique, tandis que l'organe oculiforme, accolé à la paroi dorsale du vestibulum, est un plastidome entodermique; il en va de même chez les Dinomonadines, certaines d'entre elles ayant un organe oculiforme semblable à celui des Euglènes, et accolé au puits du fouet longitudinal.

c) Enfin, de tous les Protistes trichocystifères ou Protogastréades, les plus proches des Eugléniens sont certainement les Dinomonadines (ou *Diniens*). Ils rappellent en effet les Eugléniens par divers caractères cytologiques : chromosomes longs, allure de la métaphase, disposition du plastidome, existence d'un plastidome entodermique formant l'organe oculiforme. D'autre part j'ai montré, en 1937, que leurs appareils vestibulaire et flagellaire sont morphologiquement comparables à ceux des Euglènes. J'y reviendrai d'ailleurs plus loin.

Ceci rappelé, j'examinerai successivement les éléments suivants de la structure anatomique des Péranémines :

a) Leur appareil ectodermique : cuticule et corps trichocystiques;

Source MNHN, Paris

b) Leur appareil entodermique : prevestibulum et vestibulum, avec leurs dépendances;

c) Leurs fouets;

d) Leurs éléments cytologiques, en me bornant à ce qui se voit sur le vivant.

Je terminerai ensuite par quelques conclusions d'ordre systématique.

I. — L'appareil ectodermique des Péranémines : la cuticule et les corps trichocystiques

Chez *Euglena archæoplastidiata*, espèce que j'ai fait connaître et décrite en 1937 (1), la paroi externe du corps est constituée par une très mince *épicuticule*, doublée intérieurement d'une *cuticule* plus épaisse, sous laquelle s'observent des *globules trichocystiques*. Quand l'épicuticule est décollée de la cuticule, sous l'action de réactifs, on y voit de fines fibrilles, appartenant sans doute au système cinétique, et courant d'un pôle à l'autre, en s'infléchissant en S. Au-dessous, la cuticule, à la fois souple et élastique, est parcourue de très fines stries hélicoïdales, nullement parallèles aux fibrilles précédentes; ce sont probablement des fissures, car chez *E. spirogyra*, à leur faveur, la cuticule peut se dissocier en rubans (Playfair, 1921; M. Lefèvre, 1932 et 1934). Quant aux globules trichocystiques, ils sont reliés à travers la cuticule aux fibrilles épicuticulaires, et par conséquent disposés en files incurvées correspondant à celles-ci. Tandis que d'ordinaire les corps trichocystiques absorbent les colorants vitaux du vacuome, ceux d'*E. archæoplastidiata* n'ont aucune affinité pour ces colorants; par contre, la solution iodo-iodurée les colore intensément en brun rougeâtre, en même temps qu'elle les fait se gonfler, ce qui entraîne leur expulsion. J'ai observé depuis de semblables corps trichocystiques iodophiles, ronds ou à peine allongés en bâtonnets, chez une variété d'*E. mutabilis* Schmitz. Chaque corps trichocystique comprend un nucléus et un cortex; ce dernier seul est colorable. La substance iodophile est sans

(1) Cette espèce est certainement au moins très voisine d'*Euglena pisciformis* Klebs, mais elle a *un seul chromatophore*, urcéolé, au lieu de deux, l'un dorsal et l'autre ventral. Il est d'ailleurs possible qu'*E. pisciformis* n'ait réellement qu'un seul chromatophore, et que les descriptions classiques de cette espèce soient fautives. Dans ce cas, *E. archæoplastidiata* et *E. pisciformis* ne constitueraient qu'une seule et même espèce. Quoi qu'il en soit, j'ai pu constater que la souche d'*E. pisciformis*, actuellement entretenue par M. Dusi au laboratoire de Protistologie de l'Institut Pasteur, à Paris, et fournie par M. Mainx, possède les mêmes corps trichocystiques iodophiles qu'*E. archæoplastidiata*.

Source : MNHN, Paris

doute très voisine du glycogène, car chez *E. mutabilis* elle a une forte affinité pour le carmin de Best (1).

Chez les Péranémines, mes observations me conduisent aux conclusions suivantes :

A) *Epicuticule.* — Elle paraît moins distincte de la cuticule, moins différenciée par conséquent, que chez *E. archœoplastidiata.* D'une part, en effet, je ne l'ai jamais vue se décoller de la cuticule. D'autre part, les corps trichocystiques sont rangés selon les stries de la cuticule elle-même. Comme il est probable que, comme chez les Euglènes, ils sont rattachés à des structures épicuticulaires, on en conclut que ces dernières coïncident avec celles de la cuticule, au lieu de former un système indépendant.

B) *Cuticule proprement dite.* — Chez *Peranema trichophorum,* elle est très souple et permet d'intenses déformations métaboliques : l'animal se raccourcit, et aussi se tord sur lui-même en hélice. D'autre part, elle est parcourue de fines stries parallèles. Le plus souvent, ces stries paraissent hélicoïdales, mais c'est parce que l'animal est tordu sur lui-même; en réalité, elles sont à peu près longitudinales, comme le montre la fig. 3, B. Examinées à un très fort grossissement, chacune d'elles se résout en une file de bâtonnets d'aspect mat, peu réfringents, incolores, et à contours un peu flous, réunis entre eux par un trait très fin (fig. 3, F). Il est donc probable que chaque strie est une fissure, comme chez les Euglènes, mais élargie à intervalles réguliers pour loger une substance spéciale, celle qui forme les bâtonnets. C'est sans doute cette substance qui est responsable de l'imprégnation argentique des stries cuticulaires, obtenue par voie sèche par Br. KLEIN (1930), et par voie humide par JIROVEC (1929 et 1934) chez divers Eugléniens. Quant au rôle de cette substance, je rappellerai que les lignes argentiques (*Silberlinien*) de la cuticule des Protistes ont été considérées comme des éléments conducteurs formant une sorte de système nerveux à la surface du corps, ou comme des formations squelettiques renforçant la paroi cellulaire; dans le cas des Eugléniens, Br. KLEIN et JIROVEC penchent vers cette seconde supposition. On peut se demander si le rôle véritable de ces lignes n'est pas en réalité d'assurer l'élasticité de la cuticule. En effet, la cellule des Eugléniens, avec ses contractions métaboliques, n'est pas sans rappeler les cellules musculaires. Or, dans le tissu musculaire, selon ATHANASIU, l'élasti-

(1) *Euglena stellata* Mainx, que j'ai pu étudier grâce à l'amabilité de M. DUSI, et que j'ai retrouvée à Beauvais, possède des corps trichocystiques fusiformes, colorables en violet par le bleu de crésyle, et contenant en même temps une substance iodophile plus ou moins abondante. Contrairement à ce que dit MAINX, la cuticule de cette Euglène est parfaitement striée.

Source MNHN, Paris

cité est due à des éléments argentophiles : fibrilles péricellulaires dans le tissu lisse, disques clairs des fibrilles musculaires dans le tissu strié.

Chez les *Entosiphon*, la cuticule est au contraire rigide, ses stries, également longitudinales, mais peu nombreuses, coïncident avec les côtes méridiennes dont la surface du corps est marquée. Selon LACKEY (1934), la cuticule d'*Ent. sulcatum* se colore en brun rougeâtre sous l'action de l'iode. Je n'ai rien constaté de semblable; il est probable que cet auteur a vu se colorer non pas la cuticule elle-même, mais les corps trichocystiques sous-cuticulaires, dont il ne parle pas. Je rappellerai enfin que les stries cuticulaires des *Entosiphon* ont été imprégnées sous forme de lignes argentiques par Br. KLEIN (1930).

Quant au *Scytomonas*, sa cuticule m'a paru dépourvue de stries. D'ailleurs, aucun des auteurs qui ont étudié ce genre n'en a signalé ou figuré. S'il y en a, elles échappent à nos moyens d'observation. Là aussi, la cuticule est rigide et il n'y a aucune métabolie. On ne comprend guère comment elle permettrait l'ingestion de bactéries par la surface du corps, à l'extrémité antérieure de celui-ci, ingestion décrite et figurée par KLEBS (1892). Il est probable que les observations de cet auteur doivent correspondre non pas à une phagocytose directe des bactéries par la surface du corps, mais à leur introduction dans un vestibulum, dont KLEBS a méconnu l'existence, et où elles sont ensuite phagocytées par la paroi entodermique.

Dans tous les cas, sous l'action des réactifs, le protoplasme peut se plasmolyser et se séparer de la cuticule. Je l'ai observé non seulement chez le *Scytomonas*, à cuticule rigide (fig. 6, C), mais encore chez le *Peranema*, intensément métabolique.

C) *Corps trichocystiques.* — Sous la cuticule de *P. trichophorum*, on observe de nombreux bâtonnets fusiformes, rangés le long des stries cuticulaires, mais plus gros et plus réfringents que les bâtonnets mats dont ces stries sont composées (fig. 3, B). Sur les coupes optiques, on constate que ces bâtonnets ne sont attachés que par l'une de leurs extrémités à la cuticule, mais qu'ils sont plus ou moins complètement rabattus vers l'arrière contre la face interne de celle-ci (fig. 3, A). Ces éléments rappellent beaucoup, par leur forme, leur disposition et leur aspect, les corps trichocystiques fusiformes de certaines Euglènes, par exemple ceux d'*E. amphipyrenica*, espèce que j'ai décrite dans mon mémoire de 1937. Ils n'ont absolument aucune affinité pour le rouge neutre ou le bleu de crésyle, comme on le voit sur la fig. 3, A, où les éléments vacuolaires ont été colorés par un de ces réactifs. Par contre, la solution iodo-iodurée leur communique une intense coloration brun foncé; en même temps ils se gonflent et prennent l'aspect de bâtonnets

Source MNHN Paris

à bouts arrondis (fig. 3, F, à droite). Ils peuvent même être expulsés du corps, mais alors ils se résolvent en globules arrondis. Ils se comportent donc exactement comme les globules trichocystiques d'*E. archæoplastidiata* et d'*E. mutabilis*, dont ils ne diffèrent que par leur forme en fuseau. Ce sont donc bien des corps trichocystiques, homologues à ceux des Euglènes.

Or, ces corps ont déjà été étudiés par R.-P. HALL (1929). Sous la cuticule de *P. trichophorum*, cet auteur observe lui aussi des séries hélicoïdales de bâtonnets, qui ne se colorent pas avec le rouge neutre. Par contre, ils absorbent le vert Janus, et sont mis en évidence par les techniques mitochondriales usuelles. En conséquence, R.-P. HALL les assimile à des chondriosomes, sous le nom de « peripheral mitochondria ». Mais dans un article plus récent (1936), il les rapproche aussi des « corps mucifères » des auteurs, c'est-à-dire des corps trichocystiques. Ce rapprochement me paraît tout à fait justifié.

Chez les *Entosiphon*, la solution iodo-iodurée colore en brun foncé des globules de tailles inégales, rangés sous les stries de la cuticule. Ils sont particulièrement nombreux dans l'espèce I, plus clairsemés chez l'espèce II (fig. 4, A et C). En même temps qu'ils sont colorés, ces corps peuvent aussi être expulsés de la cellule. On en peut conclure qu'il s'agit de corps trichocystiques, iodophiles et dépourvus d'affinités pour le rouge neutre comme ceux des *Peranema*, et on pourrait être tenté de supposer que les *Entosiphon* possèdent des corps trichocystiques iodophiles globuleux, tout comme *E. archæoplastidiata*. Cette dernière supposition doit toutefois être corrigée. Si on examine la fig. 4, B, représentant un individu de l'espèce I sur lequel la solution iodée commence juste à agir, ce n'est pas des globules qui s'observent sous les stries cuticulaires, mais des bâtonnets fusiformes. Il est donc probable que les globules des fig. A et C correspondent à des corps trichocystiques altérés et morcelés en éléments arrondis.

Chez un *Anisonema* que j'ai étudié en 1932, les corps trichocystiques étaient également des bâtonnets sous-cuticulaires. Mais ils étaient appliqués sur toute leur longueur contre la cuticule, ils n'étaient pas en fuseau, et ils se coloraient intensément en bleu franc par le bleu de crésyle, à la façon des corps mucifères classiques des Euglènes.

Enfin, chez le *Scytomonas*, ni les colorants vacuolaires, ni la solution iodo-iodurée ne révèlent l'existence de corps trichocystiques. Comme chez nombre d'Euglènes, ceux-ci paraissent donc faire défaut.

D'après ces observations :

a) Il en est des Péranémines comme des Euglénines : certaines espèces n'ont pas de corps trichocystiques décelables, d'autres ont des

Source MNHN Paris

corps trichocystiques iodophiles, chez d'autres enfin ces corps sont colorables par le rouge neutre et le bleu de crésyle.

b) Il n'y a pas de différence essentielle entre les corps trichocystiques iodophiles et ceux qui se colorent avec le rouge neutre et le bleu de crésyle. Tout comme ces derniers, les premiers sont tantôt globuleux (*E. archæoplastidiata*, *E. mutabilis*), tantôt en bâtonnets fusiformes (*Peranema*).

c) Il n'y a pas lieu de conserver la théorie de P.-A. DANGEARD (1929), selon laquelle les corps mucifères des Eugléniens ne seraient qu'une forme particulière du vacuome. Ce sont en fait des sortes de trichocystes, et ceux qui sont iodophiles ne rappellent en aucune façon les éléments du vacuome. D'ailleurs, même dans le cas de ceux qui se colorent au rouge neutre ou au bleu de crésyle, l'argument de P.-A. DANGEARD n'est pas valable; c'est à tort que cet auteur affirme que, lorsqu'on trouve des corps mucifères, le vacuome banal fait défaut, comme si les corps mucifères représentaient ce vacuome transformé; en fait, si on a soin d'alcaliniser suffisamment le bain colorant de bleu de crésyle ou de rouge neutre, en même temps que les corps mucifères, on arrive toujours à colorer les éléments vacuolaires, qui en sont tout à fait distincts.

d) Par contre, le fait que les corps trichocystiques des *Peranema* ont, d'après R.-P. HALL, des propriétés mitochondriales, et qu'en même temps ils élaborent une substance rappelant le glycogène, vient renforcer l'idée que j'ai formulée en 1936 et en 1937, d'après laquelle les éléments trichocystiques sont, au moins dans une certaine mesure, comparables à des corps parabasaux (1). On sait en effet que les parabasaux typiques ont des propriétés mitochondriales, et que ceux de certains *Cryptobia* élaborent du glycogène. D'autre part, les dictyosomes des spermatides, homologues à des parabasaux, peuvent élaborer un « acrosome » colorable au rouge neutre. On voit donc qu'on pourrait appliquer aux parabasaux et aux corps trichocystiques des Eugléniens une définition commune : éléments d'allure mitochondriale, rattachés à l'appareil cinétique, et pouvant élaborer soit une substance iodo-

(1) Il ne saurait plus être question d'y voir purement et simplement des parabasaux, car il paraît certain maintenant que les Eugléniens ont des dictyosomes, strictement homologues à des parabasaux. Cela résulte des recherches de V.-E. BROWN (1930) et de C.-L. BAKER (1933) sur *Eugl. gracilis*, de V.-E. BROWN (1930) sur *Peranema trichophorum*, et de A. HOLLANDE (1938) sur diverses Eugènes, Astasines et Péranémines, dont *P. trichophorum* et *Entosiphon sulcatum*. De même, selon A. HOLLANDE (1938), les Cryptomonadines qui possèdent des corps trichocystiques, ont en même temps un véritable parabasal; d'après les descriptions de cet auteur, il serait conformé, chez diverses espèces, à peu près comme le collier péripharyngien, bien connu, des *Cyathomonas*, et souvent très développé. Cela n'empêche que les trichocystes semblent appartenir à une catégorie apparentée aux dictyosomes et aux parabasaux, parmi lesquels on constate d'ailleurs l'existence de variétés assez différentes les unes des autres.

Source : MNHN, Paris

phile rappelant le glycogène, soit une substance absorbant les colorants vitaux du vacuome.

II. — L'appareil entodermique des Péranémines : la fosse vestibulaire et ses dépendances

Chez les Euglénines, l'appareil entodermique comprend un entonnoir buccal, qu'on peut qualifier d'entonnoir prévestibulaire, un canal ou goulot vestibulaire, et un réservoir, qui est la partie essentielle du *vestibulum*. L'entonnoir prévestibulaire s'ouvre sur la face ventrale, très près de l'extrémité antérieure du corps. Son orifice est d'ordinaire arrondi; pourtant, chez *Eugl. mutabilis*, où le fouet, très court, ne comporte pas de partie extravestibulaire sortant par cet orifice, celui-ci est transformé en une étroite fente transversale, par rapprochement de ses lèvres antérieure et postérieure. Chez les *Phacus*, de ce même orifice part un sillon qui court sur l'un des côtés du corps, jusqu'à l'extrémité postérieure; il a été très bien représenté par A. Haye (1930) chez *Ph. pleuronectes*. Le goulot vestibulaire est souvent entouré d'un anneau périvestibulaire, qui a été observé par Hamburger (1911) chez *Eugl. Ehrenbergii*, par Haye (1930) chez *Ph. pleuronectes*, par Jirovec (1934) chez *Eugl. anabœna* et *Eugl. gracilis*. Cet anneau entoure généralement l'extrémité antérieure du goulot, à sa jonction avec l'entonnoir prévestibulaire; pourtant, chez *Ph. pleuronectes*, Haye le figure loin en arrière de cet entonnoir, auquel il ne paraît donc pas strictement lié. Quant au réservoir, il est dilaté vers la face ventrale du corps, tandis que son bord dorsal prolonge celui du goulot. Sa paroi ventrale est constituée par le cytoplasme excréteur, dans lequel évolue un vacuome très particulier, constituant les vésicules pulsatiles, lesquelles se vident finalement dans le réservoir, auquel elles viennent se fusionner. Sur la paroi dorsale prennent insertion les deux fouets; plus haut, près de la jonction avec le goulot, est appliqué l'organe oculiforme, représentant le plastidome entodermique.

Chez les Péranémines, on retrouve un réservoir et un goulot, constituant un *vestibulum* très semblable à celui des Euglènes; les fouets s'insèrent également sur le fond du réservoir et du côté dorsal, tandis que du côté ventral évoluent les vésicules pulsatiles. Mais, en l'absence de plastidome, il n'y a pas d'organe oculiforme, et, d'autre part, on n'a pas expressément décrit d'anneau périvestibulaire. Par contre, nombre d'espèces possèdent un système de *baguettes paravestibulaires*. Connu depuis longtemps, mais souvent mal interprété, ce système est le *Staborgan* de Klebs (1892) ; son centre morphologique

Source MNHN, Paris

est à la jonction du goulot avec l'appareil prévestibulaire, ce qui correspond à la situation habituelle de l'anneau périvestibulaire. Il est, d'autre part, comparable au système de baguettes paravestibulaires formant une nasse autour du pharynx de nombreux Ciliates; il semble d'ailleurs jouer un rôle analogue pour la capture et l'ingestion des aliments, d'après les observations de A. SCHAEFFER (1918), de RHODES (1926), de LOEFER (1930), de V.-E. BROWN (1930), de R.-P. HALL (1934), etc...; en particulier, l'animal peut le faire saillir hors de l'orifice prévestibulaire pour attaquer les proies dont il se nourrit.

Si intéressant que soit ce *Staborgan*, il ne constitue cependant pas une différence radicale avec les Euglénines, parce que toutes les espèces de Péranémines n'en sont pas distinctement pourvues. Une différence plus profonde tient à la structure de l'appareil prévestibulaire. Il ne s'agit plus, en effet, d'un simple entonnoir buccal, mais d'un système de sillons marqués sur la surface externe du corps, et dont la disposition rappelle de très près, dans les cas les plus typiques, celle des deux sillons prévestibulaires des Péridiniens, ce qui vient confirmer l'idée d'une parenté étroite entre Diniens et Eugléniens.

A. — C'est chez les *Anisonema* qu'on peut le mieux saisir l'allure dinomonadienne du prévestibule des Péranémines. Ces organismes sont aplatis; l'une des faces est parcourue dans toute sa longueur par un sillon dans lequel débouche, à quelque distance de l'extrémité antérieure, l'orifice du *vestibulum*, d'où sortent les deux fouets; ceux-ci sont couchés dans le sillon, l'un vers l'avant, l'autre vers l'arrière.

A s'en tenir à cette description, on pourrait croire — et c'est la conception classique — que la face portant le sillon est une face ventrale, et que le prévestibule est constitué par un sillon unique. Il n'en est rien. Pour le montrer, je reproduis ci-contre (fig. 1, A et B) les deux meilleures représentations que nous possédions de la structure anatomique des *Anisonema* : celle de KLEBS (1892), relative à *A. acinus* Duj., et celle de ROSKIN (1931), relative à *A. obliquum* Roskin. Ces deux figures s'accordent remarquablement, sauf sur un point : selon KLEBS, le fouet antérieur serait inséré en dehors du *vestibulum*, ce qui est manifestement une erreur. Je les ai retournées de façon à représenter les faces réputées ventrales, tandis que les originaux montraient les animaux par leur face dite dorsale, les organes ventraux étant alors vus par transparence; on s'assurera de la légitimité de cette opération en se reportant au mémoire de KLEBS.

Nous savons qu'en règle générale les fouets des Eugléniens s'incurvent plus ou moins fortement à leur base vers le côté dorsal du corps

Source MNHN, Paris

pour prendre insertion sur la paroi dorsale du réservoir, et que les vésicules pulsatiles se forment du côté ventral de celui-ci. Il suffit alors d'examiner les figures pour constater que les *Anisonema* ne sont pas vus par leur face ventrale, comme on l'admet, mais en réalité par leur côté droit. Autrement dit, comme beaucoup d'autres Protistes trichocystifères d'ailleurs, les *Anisonema* sont des organismes *pleuronectoïdes*, dont le côté droit fait indûment figure de face ventrale. L'appareil prévestibulaire, qui devrait se trouver sur le bord ventral du corps, a émigré sur la face droite, et avec lui les fouets.

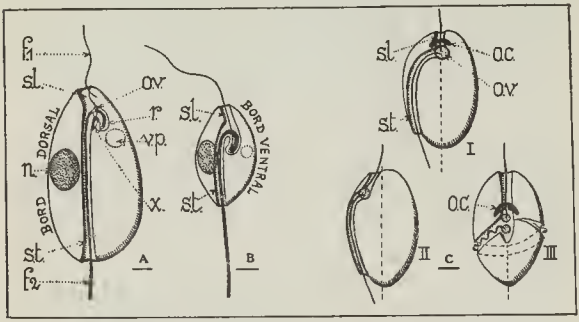


Fig. 1. — A. *Anisonema acinus*, côté droit (d'après KLERS, 1892). Pour *æ*, voir le texte. — B. *Anisonema obliquum*, côté droit (d'après ROSKIN, 1931). — C. *Schémas comparatifs* : I, le prototype des Euglèniens; II, la disposition du prevestibulum chez les *Anisonema*, abstraction faite de l'aplatissement latéral du corps; III, une Dinomonadine, le fouet longitudinal, fonctionnellement postérieur, étant considéré comme morphologiquement antérieur. (Dans toutes les figures : f_1, fouet antérieur; f_2, fouet postérieur; *f*, fouets; *b. f.*, base des fouets; *cut.*, cuticule; *s.*, stries cuticulaires; *t.*, corps trichocystiques sous-cuticulaires ; *p.v.*, prévestibule; *s.l.*, sillon prévestibulaire longitudinal; *s.t.*, sillon prévestibulaire transversal, ou latéral; *o.v.*, orifice vestibulaire en entonnoir; *l.p.*, lèvre postérieure de cet orifice; *v.*, vestibule; *r.*, réservoir vestibulaire; *v.p.*, vésicule pulsatile; b_1, bâtonnet antérieur du Staborgan; b_2, ses deux bâtonnets postérieurs; *oc.*, corps oculiforme paravestibulaire; *n.*, noyau; *v'.*, éléments vacuolaires; *v''.*, les mêmes, vésiculisés après coloration vitale; *pa.*, paramylon; *g.*, globules lipidiques; *ig.*, ingesta; *ch.*, éléments à aspect de chondriome, et pouvant être des chondriosomes ou des dictyosomes.)

Ensuite, on constate aisément qu'il n'y a pas un unique sillon prévestibulaire, mais en réalité deux sillons approximativement dans le prolongement l'un de l'autre. L'un d'eux, dans la figure de ROSKIN, est dans le prolongement direct du vestibulum, dont il relie l'orifice à l'extrémité antérieure du corps; c'est un sillon longitudinal, *s. l.*, logeant le fouet antérieur f_1. L'autre s'embranche sur le précédent presque à angle droit, au niveau de l'orifice vestibulaire, et aussitôt s'incurve vers l'arrière, pour atteindre l'extrémité postérieure du corps; par rapport au précédent, c'est donc un sillon transversal, *s. t.*, dévié

Source MNHN, Paris

pour devenir latéral; il loge le fouet traînant f_2. Ces deux sillons ne sont sans doute presque en ligne droite qu'à cause du caractère pleuronectoïde de l'animal : *s. t.* est demeuré à sa place sur le flanc droit, tandis que *s. l.*, quittant le bord ventral pour émigrer sur ce flanc, est venu se mettre dans son prolongement.

Le type morphologique auquel se rattachent les *Anisonema* est donc celui qui est représenté, vu par sa face ventrale véritable, en I, sur la fig. 1, C. Les *Anisonema* en sont une variante pleuronectoïde, caractérisée par la migration de l'orifice vestibulaire *o. v.* et du sillon longitudinal *s. l.* sur le flanc droit du corps, qui arrive ainsi à jouer le rôle de face ventrale; cette migration est représentée en II, sur la même figure. Mais une chose très intéressante est que ce type est aussi celui auquel se ramène presque immédiatement un Péridinien dessiné à l'envers, c'est-à-dire le fouet longitudinal tourné vers l'avant, comme on l'a fait en III. Le sillon *s. l.* est homologue au *sulcus* du Péridinien, et *s. t.* à son sillon transversal circulaire. Les seules différences, d'ordre secondaire, tiennent à ce que chez le Péridinien l'orifice vestibulaire (qui est dédoublé, comme je l'ai déjà rappelé au début de cet article) occupe une position d'ordinaire bien plus éloignée de l'extrémité antérieure que chez les *Anisonema*, et qu'en conséquence le sillon *s. l.* est plus long, tandis que *s. t.* devient plus fortement transversal et ceinture le corps. Nous trouvons donc une nouvelle preuve, et fort remarquable, de la parenté entre Eugléno- et Dinomonadines : Anisonèmes et Péridiniens sont des variantes d'un même type morphologique. Cette parenté me semble ainsi très fermement s'imposer.

Mais on notera que, pour ramener la structure du Péridinien à celle de l'Anisonème, nous avons dû le renverser, c'est-à-dire admettre qu'il nage à reculons, et que ce qu'on désigne d'ordinaire comme pôle antérieur est en réalité le pôle postérieur. Or ceci paraît tout à fait justifié, car de la sorte on amène l'organe oculiforme *o. c.* du Péridinien à occuper exactement la même position, antérieure au vestibulum, que celui des Euglénomonadines. Pour le montrer, on a ajouté au schéma I de la fig. 1, C, un organe oculiforme *o. c.* disposé, comme celui des Euglènes, contre la paroi dorsale, c'est-à-dire antérieure, du vestibulum; on voit que celui du Péridinien, en III, est à la même place. Dans l'interprétation classique, il serait au contraire postérieur au vestibulum.

Mais dès lors, on voit que les Craspédomonadines (Choanoflagellés) ne sont pas les seuls Flagellates qui nagent à reculons. On sait que E. CHATTON a rapproché leur nage de celle du spermatozoïde des Métazoaires, et en a tiré argument pour supposer que Craspédomonadines et Métazoaires sont apparentés, idée que justifie d'ailleurs la quasi-identité de ces Flagellés avec les choanocytes des Eponges.

Source MNHN Paris

Si les Dinomonadines nagent bien à reculons, cela fera pareillement une nouvelle raison de supposer qu'il existe des relations phylogénétiques entre ces organismes et les Métazoaires, et d'une façon plus générale d'admettre, comme je l'ai fait en 1936, que de tous les Protistes, les trichocystifères, à organisation protogastréenne, sont les plus proches des Animaux supérieurs (1).

Les *Petalomonas* ont même organisation que les *Anisonema*; ils sont également pleuronectoïdes, leur prétendue face ventrale est leur côté droit, le sillon qui la parcourt est composé d'un sillon longitudinal émigré sur le flanc droit et d'un sillon latéral en ligne droite avec le précédent. Seulement, le fouet postérieur f_2 fait défaut; f_1 est seul présent. Qu'on supprime f_2 sur la fig. 1, A, et on obtiendra presque exactement l'aspect de *Petal mediocanellata* Stein.

Ces deux genres ne semblent pas avoir de « Staborgan » typique. Pourtant, dans la figure de STEIN, relative à *P. sinuata*, on croit bien retrouver cet organite, mais très réduit, près de l'extrémité antérieure du sillon (2); je ne sais si c'est d'après cela que V.-E. BROWN (1930) affirme que les *Petalomonas* ont un Staborgan formé de bâtonnets très courts. Chez *A. acinus*, KLEBS figure un épaississement du bord gauche du sillon *s. t.*, juste au point où il se raccorde avec l'orifice vestibulaire *o. v.*; ce renflement est marqué *x* sur la figure 1, A; d'après SENN, il s'étendrait vers l'arrière sur toute la longueur du sillon et ferait saillie en avant. Cet organite *x*, dorsal par rapport au réservoir, et ayant sa tête adjacente à l'orifice vestibulaire, occupe la position d'un Staborgan; ainsi est peut-être justifiée l'assertion de V.-E. BROWN (1930), que les *Anisonema* ont un Staborgan bien développé.

B. — Les *Pleotia* et les *Tropidoscyphus* ont le corps comprimé comme celui des *Anisonema*, et paraissent également dépourvus de Staborgan typique. Mais chez eux, l'orifice buccal est demeuré sur le bord ventral du corps, ainsi que le sillon longitudinal *sl.*, qui est d'ailleurs très réduit. C'est le sillon transversal *st.* qui s'est déplacé, a quitté le flanc droit et a gagné le bord ventral du corps (fig. 2). Il en résulte que la structure périnoïde du prevestibulum est bien moins évidente que chez les *Anisonema* : ce n'est qu'après comparaison avec ceux-ci qu'on peut la retrouver.

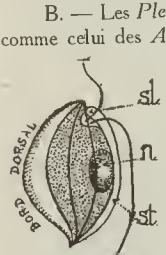


Fig. 2. — *Pleotia vitrea*, côté droit (d'après SELIGO, 1887).

(1) On arrive ainsi à considérer que les Métazoaires sont apparentés à la fois aux Dinomonadines (et aux autres Protistes trichocystifères) et aux Choanoflagellés. Cette idée se dégage pareillement du tableau phylogénétique de E. CHATTON (1925). On est alors conduit à apparenter les Choanoflagellés aux Dinomonadines. Or, il n'est pas impossible que leur morphologie si curieuse soit en effet dans une certaine mesure péridinienne. Leur collerette rappelle celles qui bordent le sillon circulaire des *Dinophysis*. La zone cuticulaire située à son pied, du côté externe, est le siège de curieux mouvements ondulatoires, grâce auxquels se fait l'ingestion des aliments, et qui rappellent les ondulations du fouet transversal des Péri-

Source MNHN, Paris

C. — Chez *Peranema trichophorum*, la structure, au contraire, n'est pas pleuronectoïde, de sorte qu'on observe un prevestibulum conforme au schéma fondamental I de la fig. 1, C, et par conséquent nettement péridinoïde. Ce prevestibulum n'a jusqu'ici jamais été tout à fait bien décrit, le sillon *s.t.* ayant échappé à tous les chercheurs, sauf KORSCHIKOW (1924). L'ensemble du prevestibulum et du vestibulum a d'ailleurs été diversement observé par les divers auteurs, qui en ont donné des interprétations tout à fait contradictoires. D'autre part, ce *Peranema* possède un appareil paravestibulaire ou Staborgan très typique, qui a été vu par tous les chercheurs, mais dont aucun, à mon avis, n'a donné une description tout à fait adéquate.

Le *prevestibulum* est représenté en B et C, fig. 3; il comprend :

a) L'entonnoir prévestibulaire, ou entonnoir buccal, par lequel la fosse vestibulaire débouche à l'extérieur. Il est sur la face ventrale, à peu de distance de l'extrémité antérieure. Elargi transversalement, son orifice est masqué par sa lèvre postérieure *l. p.*, convexe et surplombante;

b) Le sillon longitudinal *s. l.* Très court, il s'étend sur la ligne médio-ventrale, depuis l'orifice vestibulaire jusqu'à l'extrémité antérieure du corps; toutefois, il s'évase avant d'atteindre celle-ci. Il loge la base de la partie libre du fouet antérieur f_1;

c) Le sillon transversal *s. t.*, sur le fond duquel est collé le fouet traînant f_2. Il part de l'extrémité droite de l'orifice vestibulaire et s'étend sur toute la longueur du flanc droit du corps. Il est à peine marqué, sauf à l'extrémité postérieure, où il s'approfondit pour diviser la partie postérieure droite du corps en deux lobes arrondis.

Tandis que *s.t.* n'avait encore été aperçu que par KORSCHIKOW, *s.l.* a été correctement observé et interprété par HALL et POWELL (1927) et par LACKEY (1933). Plus anciennement, KLEBS (1892) décrit et figure l'ensemble de ce sillon et de l'entonnoir prévestibulaire sous le nom de « fente buccale »; MASSART (1921) représente lui aussi le sillon *s. l.*, mais il croit à tort que le fouet y est implanté; d'après son croquis, *s. l.* serait un tube buccal au fond duquel déboucheraient d'une part le pharynx (ce qu'il désigne ainsi est le Staborgan) et d'autre part la vacuole pulsatile (il s'agit sans doute du réservoir). Les dessins et les interprétations des autres auteurs sont plus gravement fautifs. Ainsi, de l'ensemble du prévestibule et du vestibule, DOFLEIN (1916) n'a rien vu; STEIN (1878) n'a figuré que la partie antérieure de *s. l.*, prise pour un orifice situé au pied du fouet. Pour SENN (1900), et après lui LEMMERMANN

diniens. Cette zone pourrait donc être l'homologue du sillon transversal circulaire de ceux-ci. Le sillon longitudinal (sulcus) fait par contre totalement défaut.

(2) Voy. la fig. 359 de LEMMERMANN, 1913. Je noterai ici que, d'après mes observations sur matériel fixé et coloré à l'hématoxyline, les *Petalomonas* ont un *vestibulum* bien plus grand qu'on ne l'admet d'ordinaire.

Source MNHN, Paris

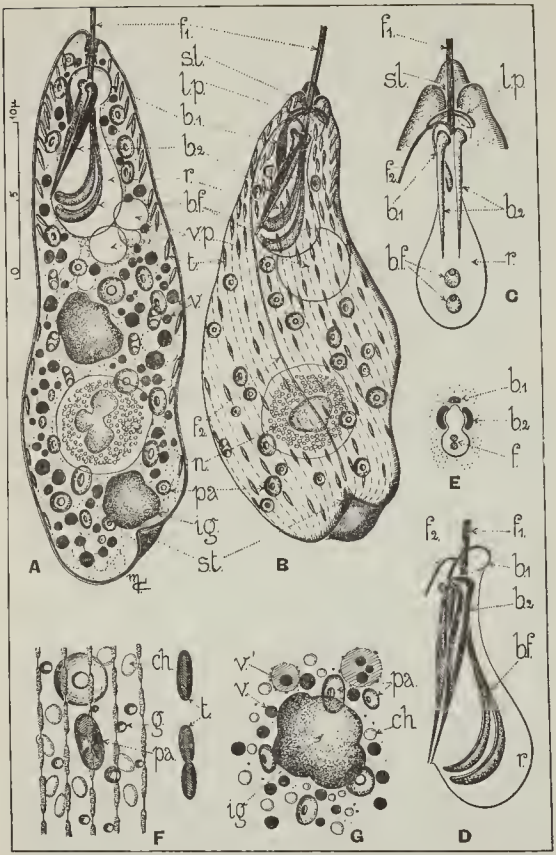


Fig. 3. — *Peranema trichophorum*, à 2 flagelles (original). — A, coupe longitudinale optique d'un individu coloré vitalement au bleu de crésyle; éléments vacuolaires *v.* violet pourpre; ingesta *ig.* violets. — B, un autre individu, légèrement contracté, entier. — C et D, vestibule et prévestibule, de face et de profil. — E, coupe transversale schématique du vestibule et du Staborgan au niveau du goulot vestibulaire. — F, mise au point sur la surface du corps, pour montrer l'aspect des stries cuticulaires; à côté, corps trichocystiques *t.* colorés en brun par l'iode. — G, mise au point profonde, pour montrer les éléments figurés et les inclusions du cytoplasme, après coloration vitale au bleu de crésyle (moins grossi que F).

Source MNHN Paris

(1913), pour DANGEARD (1902) et pour TANNREUTHER (1923), auteurs qui ont méconnu l'entonnoir prévestibulaire et son orifice, *s. l.* ne serait que le goulot du réservoir, débouchant à l'extrémité antérieure par un orifice dans lequel s'implante le fouet. CALKINS (1926), dont le dessin est difficile à interpréter, n'a pas reconnu le vestibulum; à sa place il dessine un système fort énigmatique de fibrilles. Par contre, il a observé le sillon *s. l.* et l'entonnoir buccal, mais il en a pris les contours pour un système de rhizoplastes. HARTMANN et CHAGAS (1910) n'ont rien figuré du prévestibule, bien qu'ils aient dessiné avec soin le réservoir. Enfin, V.-E. BROWN (1930), appliquant aux *Peranema* les idées de RHODES (1926) sur les *Heteronema*, décrit aux lieu et place du vestibule et du prévestibule deux appareils distincts : d'une part un cytostome servant à l'ingestion des proies, et auquel est rattaché le Staborgan, d'autre part le réservoir et son goulot, où se vident les vésicules pulsatiles et d'où sort le fouet. Le prétendu cytostome n'est autre que l'entonnoir buccal, qui sert effectivement à l'ingestion des aliments, mais pour faire pénétrer ceux-ci dans le réservoir, et non pas directement pour les phagocyter, comme l'a bien établi R.-P. HALL (1934) ; ce que BROWN prend pour le col ou goulot du réservoir, indépendant de ce cytostome, est en réalité le sillon *s. l.* mal interprété.

L'*appareil paravestibulaire*, ou *Staborgan*, est composé de trois baguettes bien visibles sur le vivant, et comprenant chacune une tête et une queue. D'après la direction de celle-ci, l'une des baguettes (b_1, en A, B, C et D, fig. 3) est antérieure, les deux autres (b_2) sont postérieures. La baguette antérieure b_1, falciforme, a sa tête en forme de fuseau aplati, accolée à la face dorsale du goulot vestibulaire, comme on le voit en A et en D; sa queue, grêle et effilée, s'incurve de façon à encercler le côté droit de l'entonnoir prévestibulaire, puis va soustendre la lèvre postérieure *l. p.* de cet entonnoir, ce qu'on peut voir surtout en C. Les baguettes postérieures b_2 sont au contraire rectilignes; elles sont plus volumineuses et plus visibles que b_1, ce qui explique qu'elles aient été seules observées par plusieurs auteurs, et même encore par HALL et POWELL en 1927 (ces travailleurs ont rectifié leur description sur ce point en 1928). Symétriquement placées par rapport à la ligne médio-dorsale du vestibulum, ce sont en réalité deux lames pliées en forme de gouttières, et tournant l'une vers l'autre leurs concavités; ce détail paraît avoir échappé complètement à tous les chercheurs. Leurs têtes, très courtes, sont adjacentes au bord postérieur de l'entonnoir buccal; c'est aussi ce qui ressort des descriptions et des figures de HALL et POWELL (1927 et 1928) ; elles s'allongent en museau vers la face dorsale. La queue se raccorde à la tête par un col rétréci; elle comprend une partie antérieure élargie, élégamment galbée, et une partie postérieure terminée en pointe effilée.

Une chose qu'aucun auteur n'a reconnue, c'est que ces deux lames en gouttières b_2 sont toujours accolées, *in vivo*, aux parois vestibulaires, de sorte qu'entre elles deux se trouve coincée sur toute sa

Source MNHN Paris

longueur la partie dorsale du réservoir et de son goulot. Une coupe transversale au niveau de ce dernier donnerait donc à peu près ce qui est représenté en E, fig. 3 : une rampe ventrale contenant les fouets, et une rampe dorsale encadrée par les baguettes b_2, auxquelles s'ajoute dans cette région b_1. Ces deux rampes se retrouvent dans le réservoir, où la ventrale est naturellement beaucoup plus ample; la façon dont la rampe dorsale du réservoir est coincée entre les baguettes b_2 se voit très bien sur la fig. D. Si les auteurs ont méconnu cette disposition, c'est en grande partie parce qu'ils ont travaillé sur matériel fixé et coloré. Les baguettes b_2, étant simplement accolées aux parois vestibulaires, sans faire corps avec elles, s'en séparent sous l'action des réactifs; elles peuvent même être déplacées et passer du côté ventral du réservoir, alors que sur le vivant elles sont toujours dorsales; c'est ainsi qu'à en croire le diagramme donné par V.-E. Brown (1930), le Staborgan serait un organe ventral, ce qui est inexact.

Lackey (1933) soupçonne que la queue effilée de b_1 se prolonge par un filament aboutissant aux blépharoplastes. D'après Lœfer (1930), chez *Heteronema acus*, les têtes des bâtonnets b_2 seraient reliées entre elles par une fibrille, et de chacune d'elles partirait une autre fibrille aboutissant à un point de la paroi vestibulaire, probablement au niveau de l'orifice buccal, que cet auteur n'a pas reconnu. Selon Hall et Powell (1928), V.-E. Brown (1930), Lœfer (1930), les trois bâtonnets paravestibulaires sont détruits lors de la division, et il s'en forme de nouveaux dans chaque individu-fils; d'après V.-E. Brown, il apparaît d'abord, près de l'entonnoir prévestibulaire, deux grains d'allure mitochondriale, d'où procèdent les bâtonnets b_2; d'un de ces bâtonnets naît ensuite une excroissance qui devient b_1. Aucune observation personnelle ne me permet d'en juger.

Quoi qu'il en soit, l'idée d'une homologie avec la nasse périvestibulaire, ou nasse pharyngienne, des Ciliates inférieurs, me paraît devoir s'imposer. Or, les baguettes de cette nasse sont des trichites, de même nature que les trichocystes. L'allure mitochondriale, notée par V.-E. Brown, des primordia des bâtonnets b_2 des *Peranema*, crée également un rapprochement possible avec les bâtonnets trichocystiques. D'autre part, on sait que les Cryptomonadines ont deux systèmes de trichocystes bien distincts : un système sous-cuticulaire, ectodermique, très ténu, et un système entodermique, formé de gros éléments enveloppant le pharynx. Il est donc possible que le Staborgan des Péranémines ne soit autre chose que le système de corps trichocystiques de l'orifice du vestibulum. De ce point de vue, ses relations avec l'anneau périvestibulaire des Euglénines devront être recherchées, car des corps trichocystiques doivent être reliés à l'appareil cinétique, dont la partie buccale doit être précisément cet anneau.

Source MNHN, Paris

Des *Peranema* on doit rapprocher les *Jenningsia*, *Heteronema* et *Dinema*. Les premiers, décrits par A. SCHAEFFER (1918), ne sont que des *Peranema* uniflagellés et macrophages, vivant de Diatomées; la validité de ce genre est douteuse. De même, il ne semble pas y avoir de différences bien considérables entre les *Heteronema* et les *Peranema*, si l'on en juge par les descriptions de SENN (*H. Klebsii* Senn), et surtout de RHODES (1926) et de LŒFER (1930), relatives à *H. acus* (Ehr.) Stein. Malheureusement, ces descriptions paraissent fautives; RHODES a cru l'entonnoir buccal indépendant du réservoir, et LŒFER ne l'a pas vu; tous deux semblent avoir pris pour le goulot du réservoir le sillon *s. l.* Il est du moins certain, d'après le travail de LŒFER, que le Staborgan des *Heteronema* est identique à celui des *Peranema*. Enfin, le *G. Dinema*, d'après la figure classique de KLEBS (*D. griseolum*, 1892), a aussi la structure des *Peranema*, avec fouet traînant sur le flanc droit du corps, probablement dans un sillon homologue à *s. l.*; mais ici ce fouet, au lieu d'être réduit et peu visible, devient prédominant. KLEBS a bien vu le prevestibulum et le Staborgan; le réservoir lui a au contraire échappé, mais la disposition de la base du fouet traînant permet de le reconstituer.

D. — Chez les *Entosiphon*, prevestibulum et appareil paravestibulaire subissent d'importantes modifications qu'on pourra constater sur la fig. 4, et aussi en se reportant à l'excellente description d'*E. sulcatum* par LACKEY (1929).

D'abord, le fouet traînant n'est plus sur le flanc droit du corps, mais sur le flanc gauche, que LACKEY qualifie à tort de face ventrale.

Ensuite, la rampe dorsale du vestibulum, qu'encadrent les bâtonnets du Staborgan, au lieu de rester en connexion sur toute sa longueur avec le réservoir et son goulot, s'en sépare pour constituer un tube conique distinct. Les deux bâtonnets b_2, qui ont chez *Peranema* la forme de gouttières se regardant par leurs faces concaves, s'unissent bord à bord pour constituer un cône creux, ouvert en avant, logeant cette rampe. Ce cône est le « siphon interne » auquel les *Entosiphon* doivent leur nom. Il semble bien que dans sa paroi, dans la partie antérieure, du côté dorsal, la tête du bâtonnet b_1 soit logée entre les bords dorsaux des bâtonnets b_2; quant à la queue de b_1, elle semble faire défaut (1). Sur l'une des figures de LACKEY, représentant deux individus frères encore réunis, à la fin d'une division, et vus par leurs extrémités antérieures, on reconnaît en effet clairement qu'il y a trois lames chitinoïdes (les bâtons b_1 et b_2) pour former la paroi du siphon. Une coupe transversale du vestibulum dans sa région antérieure donnerait donc à peu près ce qu'on voit en D, fig. 4 : rampe dorsale logée dans le siphon que forment les lames b_1 et b_2, et rampe ventrale consti-

(1) Du côté ventral du goulot vestibulaire, PROWAZEK (1903) et LACKEY (1929) décrivent un granule sidérophile, que le premier de ces auteurs prend à tort pour le blépharoplaste, et qui est peut-être une dépendance du Staborgan. Ce granule a même situation que la queue du bâtonnet falciforme b_1 des *Peranema*.

Source : MNHN, Paris

tuant le réservoir proprement dit et son goulot, et contenant les bases des deux fouets. En se reportant à la fig. 3, E, on verra immédiatement que cette disposition n'est qu'une variante de celle qui s'observe chez les *Peranema*.

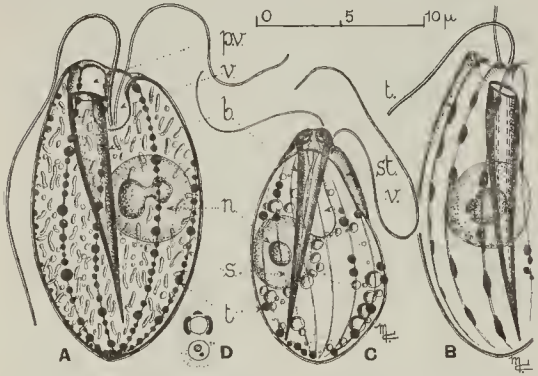


Fig. 4. — A et B. *Entosiphon* sp. I (probablement *E. sulcatum*), après traitement par la solution iodo-iodurée (original); l'individu A est vu par le côté droit, son vestibule *v.* sans doute incomplètement observé; en B, aspect des corps trichocystiques *t.* quand l'iode commence à les colorer, avant qu'ils se soient fragmentés en globules. — C. *Entosiphon* sp. II (espèce nouvelle ?), également traité par la solution iodo-iodurée, et vu par sa face ventrale (original). — D. Coupe transversale schématique du vestibule et du Staborgan des *Entosiphon* (cf. avec la fig. 3, E).

Toutefois, contrairement au cas de ces derniers, le Staborgan, transformé en siphon, est chez les *Entosiphon* beaucoup plus long que le vestibulum proprement dit; il atteint la région postérieure du corps. Pourtant, le réservoir est bien développé, comme l'a montré LACKEY, et comme on le voit en C, fig. 4. En A, chez l'espèce I, qui est probablement *E. sulcatum*, il paraît très réduit (*v.*) ; il en va de même sur la fig. classique de KLEBS relative à cette même espèce, mais il est probable que dans les deux cas le vestibulum, difficile à voir, n'a été qu'incomplètement observé. Il serait intéressant de savoir si l'ingestion des proies se fait par le réservoir, ou par la rampe dorsale et le siphon.

Enfin, le prevestibulum (*p. v.*) prend ici l'aspect d'une large dépression occupant l'extrémité antérieure du corps, et au fond de laquelle débouchent le goulot du réservoir du côté ventral, la rampe vestibulaire dorsale encadrée par le siphon du côté dorsal. Cette dépression est bien nette chez *Entosiphon sulcatum*, d'après les dessins

Source MNHN, Paris

de LACKEY et notre fig. 4, A; elle l'est moins chez l'espèce II, représentée en B. Selon KLEIN (1930), son bord est encerclé par une fibre argentophile circulaire, d'où partent les lignes argentophiles méridiennes de la cuticule, et qui rappelle un anneau périvestibulaire; de plus, son orifice paraît pouvoir se fermer, comme si cette fibre circulaire était un sphincter (ou accompagnait un sphincter). Cette dépression me paraît correspondre à l'entonnoir buccal des *Peranema*, mais très agrandi, sans doute par suite de l'importance prise par la rampe vestibulaire dorsale et le Staborgan. Comme elle a envahi le pôle antérieur du corps en s'agrandissant, il n'y a pas de sillon longitudinal *s. l.*, ou plutôt ce sillon se trouve englobé dans la dépression elle-même, et ne s'en distingue plus.

Quant au sillon transversal *s. t.*, il devrait se trouver sur le flanc gauche, comme le fouet traînant. Il semble absent, ou fort peu développé, chez *E. sulcatum*, tant d'après les dessins de LACKEY que les miens propres (fig. 4, A). Par contre, il est bien reconnaissable dans l'espèce II (*s. t.*, fig. 4, B), dont le prevestibulum paraît moins évolué, plus proche du type fondamental, et qui, d'après la situation du noyau contre le flanc droit, est assez nettement pleuronectoïde.

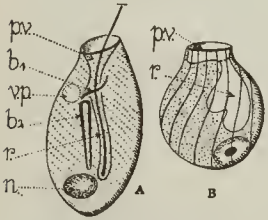


Fig. 5. — A. *Urceolus cyclostomus* (d'après KLEBS, 1892). B. *Marsupiogaster eurystoma* (d'après DREZEPOLSKI, 1925).

Un type analogue d'appareil vestibulaire est réalisé chez les *Urceolus*. Toutes ses parties ont été vues par KLEBS (1892) chez *U. cyclostomus;* je reproduis ci-contre son dessin (fig. 5, A) sur lequel on voit : le prévestibule en entonnoir *p.v.*, la rampe ventrale du vestibulum *r*, logeant la base du fouet, le bâtonnet antérieur b_1 et les postérieurs b_2 du Staborgan, ces derniers logeant la rampe vestibulaire dorsale (séparée ou non de la ventrale), une vésicule pulsatile *v.p.* Sur les figures plus classiques de PÉNARD et de SENN, les bâtonnets du Staborgan sont mieux dessinés, mais le fond du prévestibule a été pris pour le réservoir lui-même, et celui-ci pour la vésicule pulsatile; l'insertion du fouet dans le réservoir a totalement échappé. Il n'y a ni fouet traînant, ni sillon transversal; le corps est métabolique et nullement pleuronectoïde.

Les *Marsupiogaster* ont également un prévestibule réduit à un grand entonnoir au pôle antérieur du corps, mais ils sont dépourvus de Staborgan typique (fig. 5, B). Comme les *Entosiphon*, ils sont rigides et plus ou moins pleuronectoïdes.

E. — Enfin, chez les *Scytomonas* la petite taille du corps rend l'appareil vestibulaire très difficile à débrouiller avec précision. De

Source : MNHN, Paris

fait, il a échappé à des auteurs récents comme DREZEPOLSKI (1925), qui figure tout juste une fossette à la base du fouet, chez une variété atteignant pourtant de 25 à 38 μ, et GRANDORI (1934), qui n'en a rien vu.

Selon KLEBS (1892), le *Scytomonas* que j'ai étudié (forme klebsienne de *Sc. pusilla*) n'aurait pas de réservoir; son fouet partirait du pôle antérieur du corps. A quelque distance au-dessous, l'auteur figure une vacuole pulsatile, mais de forme triangulaire assez insolite, et parfois divisée en deux par une cloison longitudinale. D'après mes observations (fig. 6, A à D), la prétendue vacuole contractile est en réalité le réservoir vestibulaire *r.*; les véritables vésicules pulsatiles *v. p.* évoluent à son voisinage. Le fouet vient prendre insertion sur le fond de ce réservoir, et c'est sa base que KLEBS a prise pour une cloison. Ce qui reste obscur, c'est la façon dont ce réservoir communique avec l'extérieur. Il est assez probable qu'entre son sommet et l'extrémité antérieure du corps le fouet est logé d'abord dans le goulot du réservoir, très étroit, puis dans un sillon longitudinal de la surface ventrale du corps, représentant le prevestibulum. Le bourrelet, de nature énigmatique, que j'ai indiqué par la lettre *p.* sur la figure A, serait au voisinage du raccord entre goulot et sillon, c'est-à-dire de l'orifice vestibulaire proprement dit; ce bourrelet paraît encadrer le fouet; malheureusement, il ne se laisse pas observer avec netteté. Si cette interprétation est correcte, la morphologie des *Scytomonas* se rapproche beaucoup de celle des *Peranema*, ce qui ne doit pas étonner, puisque leur fouet a même allure que le fouet antérieur de ces derniers.

Des figures de SCHÜSSLER (1917) relatives à *Sc. pusilla*, on ne peut rien tirer de précis quant au vestibulum de cette espèce. Celles de BERLINER (1909) sur *Sc.* (*Copromonas*) *major* sont à peine meilleures; certaines d'entre elles (notamment ses fig. 5, 8 et 10) peuvent être résumées par le schéma M de la fig. 6 : ici encore, le fouet irait s'implanter sur le fond du réservoir; il y aurait en outre un rhizoplaste aboutissant à un centriole sorti du noyau. Mais d'autres dessins du même auteur semblent contredire ces conclusions.

Le schéma de *Sc.* (*Copromonas*) *subtilis*, selon DOBELL (1908), est plus précis. Je le reproduis en N, fig. 6. Il y aurait un pharynx (*ph.*) et un réservoir (*r.*), probablement sans communication permanente entre eux, et le fouet prendrait insertion sur la paroi du pharynx, contre le réservoir. Il n'est pas douteux que le réservoir soit bien interprété; à son voisinage se voit une vésicule pulsatile *v. p.* Mais, d'après les figures dont ce schéma est le résumé (pl. 4 et 5 du mémoire original), il semble bien que le prétendu pharynx soit un sillon de la surface du corps, et représente par conséquent un prevestibulum, peut-être

Source MNHN Paris

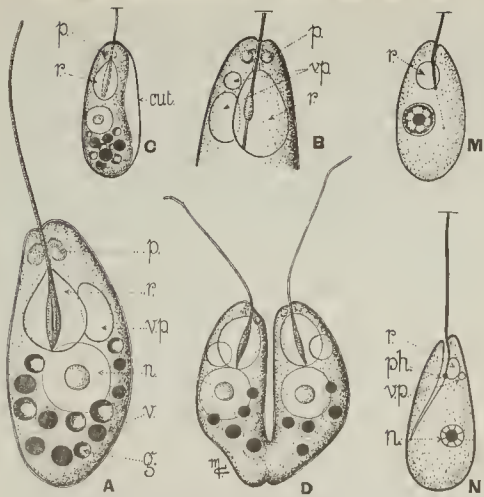


Fig. 6. — A à D. Forme klebsienne de *Scytomonas pusilla*, après coloration vitale au bleu de crésyle (original). En C, individu plasmolysé; en D, cytodierèse. Longueur du corps, sans le fouet : environ 8 μ (pour *p.*, voir le texte). — M. *Scytomonas* (*Copromonas*) *major* (croquis schématisant certains de ceux de BERLINER, 1909). — N. *Scytomonas* (*Copromonas*) *subtilis* (d'après DOBELL, 1908).

comparable à celui des *Anisonema* et des *Petalomonas*, bien que le corps ne soit nullement aplati. Le fouet sortirait du réservoir, ouvert dans ce prévestibule, et on retrouverait ainsi une morphologie classique d'Euglénien.

Dans tous les cas, le Staborgan paraît faire défaut; je ne sais sur quoi se fonde V.-E. BROWN (1930) pour affirmer qu'il est bien développé, ce qui contredit les descriptions de tous les autres auteurs (DOBELL, BERLINER, SCHÜSSLER, WENYON, etc...) ; seul le prétendu pharynx de *C. subtilis* pourrait à la rigueur être rapproché du Staborgan et de la rampe vestibulaire dorsale des *Entosiphon*, mais je ne crois guère ce rapprochement justifié.

⁂

En résumé, on reconnaît quatre types d'appareil vestibulaire chez les Péranémines, dérivant tous du type fondamental représenté en I, fig. 1, C :

Source MNHN, Paris

a) Le type nettement péridinoïde des *Anisonema* et des *Petalomonas*, qui ne diffère du type fondamental que par la disposition pleuronectoïde, avec migration de l'orifice buccal et du sillon *s. l.* sur le flanc droit du corps;

b) Le type des *Pleotia* et des *Tropidoscyphus*, où la bouche est, au contraire, demeurée sur le bord ventral du corps comprimé latéralement, et où c'est le sillon *s. t.* qui a émigré sur ce bord;

c) Le type des *Peranema*, où le sillon *s. t.* s'estompe et tend à disparaître, la bouche et *s. l.* demeurant ventraux;

d) Le type des *Entosiphon*, *Marsupiogaster* et *Urceolus*, dont le prevestibulum se réduit progressivement à un simple infundibulum englobant le sillon *s. l.*, à l'extrémité antérieure du corps.

III. — Les fouets des Péranémines

Selon R.-P. Hall et Th.-L. Jahn (1929), on peut distinguer les Euglénines des Astasines d'après leurs fouets. Les premières ont en principe deux fouets, voire même trois ou davantage, comme chez les *Euglenamorpha* de Wenrich. L'un au moins de ces fouets porte, sur sa partie intravestibulaire, à la hauteur de l'organe oculiforme, un organe paraflagellaire, connu depuis les travaux de Wager (1900), et considéré par A. Haye (1930) comme un « photocepteur ». Sauf dans les genres *Euglenamorpha* et *Eutreptia*, les fouets ne sont distincts qu'à leur base, de sorte qu'on a l'aspect d'un fouet unique ayant, à l'intérieur du réservoir, deux jambages basaux, l'un dorsal, l'autre ventral. Dans ce cas, sauf peut-être (selon Haase, 1910) chez *Euglena sanguinea*, le jambage dorsal est le plus fort, et il n'y a qu'un photocepteur, en relation avec ce jambage, du même côté que lui. Chez certaines Euglènes, comme *E. mutabilis*, l'appareil flagellaire se réduit à un fouet très court, entièrement intravestibulaire; il avait jusqu'ici échappé aux investigations des chercheurs, mais j'ai pu constater qu'il y a néanmoins un photocepteur au pied de ce fouet, contre l'organe oculiforme. Les Astasines, au contraire, sont rigoureusement uniflagellées et dépourvues de corps paraflagellaire. Quant à la structure de ce corps, j'ai observé récemment sur une variété d'*E. gracilis* qu'il se compose, tout comme un parabasal, d'une partie chromophile, intensément noire sur les individus colorés à l'hématoxyline et à l'éosine, et d'une masse chromophobe, au contraire gris rosé, de même teinte à peu près que le fouet. La masse chromophobe engaine le fouet et prend souvent l'aspect d'un simple renflement flagellaire, contre lequel est appliqué le corps chromophile. Le photocepteur serait donc assi-

Source MNHN, Paris

milable à une sorte de parabasal, éloigné du blépharoplaste et, au moins en apparence, connecté à celui-ci seulement par l'intermédiaire du fouet, comme le sont ceux des *Giardia*, d'après KOFOID et SWEZY (1922). Réunissant le fouet à la partie chromophile, seule reconnue par cet auteur, une fibrille rappelant un « filament parabasal » a d'ailleurs été décrite par V.-E. BROWN (1930), chez *E. gracilis*, mais je ne l'ai pas retrouvée (1).

A. — L'appareil flagellaire des Péranémines n'est constitué ni comme celui des Euglénines, ni comme celui des Astasines. Sa disposition fondamentale est voisine de ce qu'on trouve chez *Peranema trichophorum* (fig. 3, A, B, C et D) :

a) Il y a deux fouets distincts, non fusionnés entre eux.

b) A l'intérieur du vestibulum, les bases de ces deux fouets sont l'une dorsale, l'autre ventrale; elles s'incurvent pour venir prendre insertion sur la paroi dorsale du réservoir, non loin du fond de celui-ci, exactement comme font les bases flagellaires de diverses Euglènes ; je n'ai pas observé les grains basaux, non visibles sur le vivant, mais ils ont été figurés par HALL et POWELL (1927), V.-E. BROWN (1930) et LACKEY (1934).

c) Ces deux bases flagellaires, aux points d'insertion, sont très grêles, mais aussitôt on les voit s'épaissir brusquement et ensuite s'amincir progressivement vers le haut. Il me paraît peu douteux que cet épaississement soit dû à l'existence d'une gaine, comparable à celle que constitue la substance chromophobe du photocepteur, chez les Euglènes. Mes observations, jusqu'ici purement vitales, ne me permettent pas de retrouver la substance chromophile : peut-être est-elle allongée contre le fouet ou en rapport avec le grain basal. En tout cas, une homologie entre les épaississements des bases flagellaires des *Peranema* et le photocepteur du fouet dorsal des Euglènes semble assez probable; le photocepteur est seulement plus court, à cause de sa localisation au niveau du corps oculiforme.

d) Hors du vestibulum, l'un des fouets se dirige vers l'avant, en passant dans le sillon prévestibulaire longitudinal *s. l.*; l'autre se replie vers l'arrière, dans le sillon transversal *s. t.* Comme les deux fouets sont étroitement accolés dans le goulot du réservoir, je ne puis dire lequel se dirige ensuite vers l'avant; d'après les figures de LACKEY (1934), il semble que ce soit le ventral, et non le dorsal comme on s'y attendrait.

(1) L'appareil dictyosomien (lépidome) des Euglènes comporterait donc peut-être deux sortes d'éléments, tout comme leur plastidome : *a)* des éléments « ectodermiques », disséminés dans la cellule, à la façon des chloroplastes : ce sont les dictyosomes de V.-E. BROWN, C.-L. BAKER et A. HOLLANDE; *b)* un élément « entodermique », accompagnant le plaste oculiforme : le photocepteur, sorte de parabasal d'un type un peu particulier.

Source MNHN, Paris

Ici, le fouet antérieur est nettement le plus puissant. On sait qu'il se compose d'une partie proximale très longue, très grosse à sa sortie du vestibulum, puis s'amincissant progressivement, et qui, bien que souple, se raidit quand l'aminal nage, et d'une partie distale grêle et courte qui, au contraire, tourbillonne à l'extrémité de la proximale, comme une hélice au sommet de son arbre. Cette structure, caractéristique des Péranémines, se retrouve aussi chez les Chloromonadines *(Conyostomum)*.

D'après LACKEY (1934), le fouet postérieur, plus court que le précédent, est libre. Je l'ai, au contraire, toujours trouvé, sur le vivant, couché sur le fond du sillon s. *t.*, et collé à ce fond. Comme il est très grêle, il ne s'observe que si l'examen est fait avec beaucoup de soin; sinon, on peut le confondre avec les stries cuticulaires auxquelles il est parallèle. Sous l'action de réactifs comme le bichromate de K, il se décolle et devient libre, ce qui explique sans doute les observations de LACKEY, cet auteur ayant figuré des individus fixés et colorés. C'est d'ailleurs collé de la sorte au fond d'un léger sillon, sur le flanc du corps, que ce fouet a d'abord été décrit par KORSCHIKOW, qui l'a le premier découvert (1924), et le travail de cet auteur a déjà été confirmé par R.-P. HALL (1934).

Par contre, les autres chercheurs, ou bien n'ont vu qu'un seul fouet, ou bien n'ont reconnu du fouet postérieur que la partie intravestibulaire, le reste leur ayant échappé. Ainsi, HARTMANN et CHAGAS (1910) décrivent le second fouet comme un filament réunissant, à travers le réservoir, deux granules, l'un basal sur le fond de cette cavité, l'autre terminal sur son plafond. DOFLEIN (1916), qui n'a pas vu le réservoir, représente un fouet unique avec deux jambages basaux incurvés, comme chez les Euglènes, mais en plein cytoplasme. V.-E. BROWN (1930) croit aussi se trouver en présence de la même disposition, mais il figure les jambages basaux à l'intérieur du réservoir et recourbés vers la paroi dorsale de celui-ci, ce qui est la disposition réelle. Enfin, HALL et POWELL, en 1927 et 1928, croyaient encore que *P. trichophorum* était rigoureusement uniflagellé; ce n'est qu'en 1934 que R.-P. HALL a reconnu l'existence du second fouet, après avoir eu connaissance des travaux de KORSCHIKOW et de LACKEY (1).

Quant aux épaississements des bases flagellaires, comparés plus haut au photocepteur des Euglènes, on les retrouve sur les deux bases

(1) Les parties intravestibulaires des deux fouets sont si faciles à voir sur le vivant qu'on se demande comment HALL et POWELL ont pu n'en observer qu'une. On en arrive à se demander si ces auteurs n'auraient pas eu entre les mains une race réellement uniflagellée de *P. trichophorum*.

Source MNHN, Paris

dans les dessins de DOFLEIN (1916) et de LACKEY (1934), et sur la base de l'unique fouet observé, dans certaines figures de HALL et POWELL (1927 et 1928).

B. — Chez les divers genres de Péranémines, ce type fondamental subit quelques modifications. Les formes à fouet antérieur prédominant, comme chez *Peranema*, sont :

1. Formes métaboliques : les *Heteronema*, toujours nettement biflagellés; les *Peranema*, fort proches des précédents, mais à fouet postérieur moins visible, collé au corps; les *Jenningsia*, qui sont sans doute des *Peranema*, et n'ont qu'un fouet connu; les *Urceolus*, uniflagellés.

2. Formes rigides : les *Notosolenus* et *Tropidoscyphus*, biflagellés; les *Petalomonas* et *Scytomonas*, sans trace de fouet postérieur.

Le fouet postérieur est au contraire prédominant dans les genres suivants : 1. *Dinema* qui, bien que non métaboliques, rappellent les *Heteronema*; 2. *Entosiphon*; 3. *Pleotia*, qui sont proches des *Tropidoscyphus*; 4. *Anisonema*, apparentés aux *Petalomonas*, et *Clautriavia*, qui sont des Anisonèmes sans fouet antérieur.

D'autre part, le fouet postérieur est généralement *dcœtre*, c'est-à-dire rabattu sur le flanc droit du corps. Pourtant, nous avons vu qu'il est *sénestre* chez les *Entosiphon*.

Enfin, la présence d'un épaississement sur la base des fouets, au moins du fouet principal, paraît être un fait général. J'ai en effet retrouvé cet épaississement sur la partie intravestibulaire du fouet du *Scytomonas* (fig. 6, A à D) ; il est formé d'une substance moins réfringente que le fouet lui-même, aussi ne se distingue-t-il bien que si l'examen est fait avec une combinaison optique de bonne qualité; il s'agit donc bien d'une gaine entourant le fouet, et non d'un simple épaississement de celui-ci. LACKEY (1929) a, d'autre part, décrit, sur la base du fouet principal (fouet traînant) d'*Entosiphon sulcatum*, un épaississement très semblable à ceux des *Peranema*. Lui aussi admet qu'il s'agit d'une gaine (sheath) autour du fouet et rapproche cette gaine du corps paraflagellaire des Euglènes. Ses figures permettent de supposer qu'une gaine semblable, mais bien moins épaisse, entoure aussi la base du fouet antérieur. Enfin, la figure de ROSKIN reproduite en B, fig. 1, montre que la base du fouet traînant d'*Anisonema obliquum* présente un épaississement de même aspect. Notons encore qu'un tel épaississement est un caractère péridinoïde, puisque selon HOVASSE (1933) on en retrouve un sur la partie intravestibulaire de chacun des fouets de *Polykrikos Hartmanni*.

Source : MNHN, Paris

IV. — Les éléments figurés du protoplasme des Péranémines

On sait que le cytoplasme des Eugléniens possède des éléments vacuolaires métachromatiques typiques. On les retrouve chez les *Peranema* (fig. 3, A et G), sous forme de globules d'une substance quasi solide, que le bleu de crésyle colore vitalement en violet pourpre, et le rouge neutre en orangé. Après coloration, conformément à une règle tout à fait générale, la tension osmotique y augmente, et par suite elles absorbent de l'eau et se transforment en vacuoles aqueuses, légèrement colorées, au sein desquelles la substance colloïdale métachromatique est en suspension sous forme de globules intensément colorés; on en voit deux cas en G. J'ai observé des éléments vacuolaires analogues chez le *Scytomonas* étudié, où ils sont localisés dans la région postérieure du corps, en arrière du noyau (fig. 6, A, C, et D), et aussi chez les *Entosiphon*. Ces éléments sont semblables à ceux des Euglènes.

On sait aussi que dans le cytoplasme des Eugléniens apparaissent des réserves nutritives figurées, sous forme de globules gras et de grains de paramylon. Les globules gras existent seuls chez les *Scytomonas* (fig. 6, A), où ils ont même localisation que les éléments vacuolaires. Il y a là encore une application d'une règle générale : les colloïdes vacuolaires sont des réserves nutritives que la cellule élabore dans les mêmes régions que ses autres provisions. On retrouve également des globules gras chez les *Entosiphon* (fig. 4, C), et chez les *Peranema* (fig. 3, F). Chez ces derniers, on observe en outre des beaux grains de paramylon, sous forme de disques circulaires perforés en leur centre, c'est-à-dire d'anneaux à contours épais (fig. 3, A, B, F et G). De pareils disques ont été décrits par A. Schaeffer (1918), chez son *Jenningsia*, mais cet auteur n'a pas reconnu leur nature. Leur structure torique est pourtant conforme à la morphologie usuelle des grains de paramylon des Euglénines, presque toujours annulaires ou en maillons de chaîne. D'ailleurs, l'existence de paramylon chez diverses Péranémines est connue depuis longtemps (Senn, 1900; P.-A. Dangeard, 1902).

Outre ces réserves nutritives, on peut observer dans le cytoplasme des Péranémines des ingesta, puisque leur nutrition est holozoïque. On les voit, chez *Peranema*, en A et G, fig. 3, sous forme de masses irrégulières que le bleu de crésyle colore en violet. Je n'ai pu distinguer les vésicules digestives les logeant : ils emplissent complètement ces vésicules. J'en ai retrouvé aussi chez les *Entosiphon*, où ils prennent également les colorants vitaux des vacuoles.

Contrairement aux Euglénines, les Péranémines n'ont pas de

Source MNHN, Paris

plastidome différencié : ni chloroplastes, ni organe oculiforme. Mais elles ont un chondriome inactif, formé de chondriosomes, et un chondriome actif, formé de dictyosomes (ou corps de Golgi). Ces derniers sont connus grâce à V.-E. Brown (1930), et surtout grâce aux travaux récents de A. Hollande (1938). Chez *Peranema*, on observe sur le vivant, sous la cuticule, de petits éléments ovales, fort peu réfringents, qui doivent être des chondriosomes (*ch*, en F, fig. 3). Dans l'intérieur de la cellule, on retrouve des globules analogues, mais arrondis, et de tailles variées (*ch.*, en G) : il est probable que les petits sont des chondriosomes, et les gros des dictyosomes, mais je ne saurais l'affirmer. Chez *Entosiphon sulcatum*, après traitement par l'iode, on voit sous la cuticule de nombreux grains et bâtonnets, représentés en A, fig. 4 : il doit s'agir des chondriosomes massés à la périphérie du corps, comme c'est le cas chez divers Infusoires. Lackey (1929) a d'ailleurs considéré ces éléments comme des chondriocontes, après les avoir colorés vitalement au vert Janus.

V. — Conclusions systématiques

Les données précédentes permettent de mieux comprendre la structure des Péranémines, plus généralement celle des Eugléniens, et de préciser leur position systématique.

A. La morphologie et les affinités chimiques des corps trichocystiques des Péranémines sont les mêmes que pour ceux des Euglènes; on retrouve chez les Péranémines un vestibulum euglénien, et sur la base des fouets des épaississements rappelant les photocepteurs des Euglènes. Il est donc incontestable que les Péranémines sont des Eugléniens; il n'y a pas lieu de les en séparer, comme le propose Calkins dans la seconde édition de son traité (1933).

B. On retrouve chez les Péranémines un prévestibule semblable à celui des Dinomonadines. Un tel prévestibule doit donc faire partie du plan fondamental des Eugléniens. L'Euglénien type aurait à la fois un plastidome d'Euglène (plastidome ectodermique chlorophyllien, et plastidome entodermique oculiforme, carotinifère), et un prevestibulum de Péranémine (entonnoir buccal sur la face ventrale, sillon longitudinal prolongeant cet entonnoir vers le pôle antérieur, sillon transversal sur l'un des flancs, d'ordinaire le flanc droit). Ce type est purement idéal. Les Euglénines en ont conservé le plastidome, mais leur prévestibule s'est réduit à l'entonnoir buccal peu développé (il y a cependant encore un vestige du sillon transversal chez les *Phacus*).

Source : MNHN, Paris

Les Péranémines en ont conservé le prévestibule, plus ou moins modifié, mais n'ont plus de plastidome, et ont une nutrition holozoïque. Enfin, les Astasines, les plus différentes du type idéal, ont perdu à la fois les sillons prévestibulaires et le plastidome, et leur appareil flagellaire s'est réduit à sa plus simple expression. Les Astasines sont saprosites, à l'exception des *Euglenopsis*, qui ont bien l'air d'être des Astasines, mais par exception prédatrices. Euglénines, Péranémines et Astasines forment probablement trois grands phylums distincts dès la base, entre lesquels se répartissent tous les Eugléniens. On ne saurait les faire dériver les unes des autres. Des Euglénines incolores, comme les *Khawkinea*, peuvent être prises à tort pour des Astasines, et des Astasines holozoïques comme les *Euglenopsis* pour des Péranémines, sans que cela prouve, bien au contraire, que ces trois groupes peuvent être ordonnés en série linéaire, ainsi qu'on le croyait autrefois.

C. Par leur plastidome comportant un corps oculiforme, par leur prévestibule, par les épaississements de la base de leurs fouets, formant les photocepteurs des Euglènes, mais prenant un autre aspect chez les Péranémines, par leur type de chromosomes et de mitose, les Eugléniens se rapprochent considérablement, parmi tous les Protistes trichocystifères ou Protogastréades, des Dinomonadines. Ils sont, dans une certaine mesure, l'équivalent vert de ces dernières.

Eugléno- et Dinomonadines forment ainsi deux groupes parents accouplés, l'un vert, l'autre brun.

Or, il est remarquable qu'il existe au moins deux autres couples semblables : d'une part celui que forment les Chloromonadines (vertes) avec les Cryptomonadines (brunes) ; d'autre part, celui qui comprend les *Xanthophycées* (vertes) et les *Chrysophycées* (brunes). L'existence de ces couples devra attirer l'attention des systématiciens.

D. Si l'on revient aux Péranémines elles-mêmes, avec le désir d'en établir une classification rationnelle, on devra recourir aux indications tirées de l'étude comparative de la cuticule et des corps trichocystiques, du prévestibule et du vestibule, des fouets. On dispose encore de trop peu de données pour aller bien loin dans cette voie. Voici pourtant un premier schéma :

On admettra d'abord que les formes vivantes les plus primitives, pour chaque phylum, étaient algoïdes. C'est rationnel, puisque les plus rudimentaires des organismes (Algues bleues et Bactéries) ont effectivement un caractère algoïde accusé. Les Flagellés sont dérivés d'Algues à zoospores, par néoténie. Les plus primitifs d'entre eux sont donc ceux qui, par leur cuticule rigide, se rapprochent le plus des cellules tuniquées des Algues. De fait, parmi les Péranémines, c'est

Source MNHN, Paris

chez les *Anisonema*, formes rigides, que le prévestibule a le mieux conservé ses caractères péridinoïdes primitifs. Parmi les Euglénines, c'est de même chez les *Phacus*, rigides, qu'on peut retrouver des vestiges de sillons prévestibulaires.

Malheureusement, les Péranémines rigides actuellement connues ne peuvent représenter les ancêtres des *Peranema* et des autres formes métaboliques. La bouche et les deux sillons prévestibulaires des *Peranema* ont en effet conservé leur situation primitive, conforme au schéma I de la figure 1, C, tandis que chez les espèces rigides, dont le corps est généralement comprimé latéralement, tantôt la bouche et le sillon longitudinal ont émigré sur le flanc jouant le rôle de face ventrale (*Anisonema*), tantôt le sillon transversal s'est transporté sur le bord ventral (*Tropidoscyphus* et *Pleotia*).

Enfin, le Staborgan, bien développé chez les formes métaboliques et chez les *Entosiphon*, est ou bien réduit à des vestiges (*Anisonema*, *Petalomonas*) ou bien absent (*Scytomonas*) chez les autres formes rigides. L'existence de traces de cet appareil chez *Anisonema* et *Petalomonas* peut faire admettre que chez la plupart des formes rigides il a subi une évolution régressive et disparu.

Dès lors on supposera que la Péranémine idéale serait à la fois rigide, avec stries cuticulaires espacées, conforme au schéma I de la fig. 1, C quant au prévestibule, et pourvue d'un Staborgan typique. Et le groupe des Péranémines apparaîtra se décomposer en au moins quatre phylums, distincts dès l'origine au lieu de dériver les uns des autres :

a) *Deux phylums d'organismes à corps rigide et aplati, avec stries cuticulaires espacées; Staborgan atypique, réduit ou nul, et prévestibule anormalement disposé :*

I. Le phylum *anisonémien*, pleuronectoïde, avec bouche et sillon longitudinal émigrés sur le flanc droit :

Les deux fouets présents	Sillons prévestibulaires typiques	*Anisonema.*
	Sillons effacés	*Notosolenus.*
	Prévestibule en entonnoir (cf. les *Entosiphon*)	*Marsupiogaster.*
Un seul fouet présent	L'antérieur	*Petalomonas.*
	Le postérieur	*Clautriavia.*

(Les *Scytomonas*, malgré leur forme cylindrique, sont peut-être des *Petalomonas* simplifiés; voir ce qui a été dit à ce sujet à propos de *Sc. subtilis* Dobell.)

II. Le phylum *pléotien*, carinate, avec sillon transversal émigré sur le bord ventral, et la cuticule pourvue de carènes :

Fouet antérieur prédominant	*Tropidoscyphus.*
Fouet postérieur prédominant	*Pleotia.*

Source MNHN Paris

b) *Un phylum d'organismes également rigides et à stries cuticulaires espacées et plus ou moins pleuronectoïdes, mais avec Staborgan très développé :* le phylum *entosiphonien.*

Un seul g. : prévestibule en entonnoir, fouet traînant sénestre. *Entosiphon.*

c) *Un phylum complexe, formé d'organismes métaboliques, ou du moins à stries cuticulaires serrées comme chez les formes métaboliques, avec Staborgan typique, et sillons prévestibulaires demeurés à leur place, le sillon transversal tendant à s'effacer :* le phylum *hétéronémien.*

α. Fouet postérieur prédominant ; corps encore rigide. . *Dinema.*

β. Fouet antérieur prédominant ; corps métabolique ; prévestibule :

Typique	Deux fouets nets.	*Heteronema.*
	Fouet traînant peu visible ou nul.	*Peranema.* (incl. *Jenningsia*)
En entonnoir (cf. *Entosiphon*) ; pas de fouet postérieur.		*Urceolus.*

Le phylum entosiphonien conserve la rigidité primitive, et le Staborgan très développé du type fondamental ; mais il occupe une position à part à cause de son fouet traînant sénestre. Nous ne savons encore placer dans ce phylum aucune forme à prévestibule normal. Les trois autres phylums s'écartent davantage du type initial : les deux premiers, par la régression du Staborgan, l'aplatissement du corps et le déplacement des sillons prévestibulaires ; le dernier, par le développement de la métabolie. La transformation du prévestibule en un entonnoir creusé dans l'extrémité antérieure du corps s'est effectuée polyphylétiquement chez les *Entosiphon*, les *Urceolus* et les *Marsupiogaster*, qui ne paraissent pas directement apparentés entre eux.

TRAVAUX CITÉS

BAKER (C.-L.), 1933. — *Arch. f. Protist.*, 80.

BERLINER (E.), 1909. — *Id.*, 15.

BROWN (V.-E.), 1930. — *Quart. Journ. Micr. Sc.*, 73 (*Peranema*).

BROWN (V.-E.), 1930. — *Zeitschr. f. Zellforsch. und Mikr. Anat.*, 11 (*Euglena gracilis*).

CALKINS (G.-N.), 1926. — The Biology of the Protozoa. New-York (2e édit., 1933).

CHADEFAUD (M.), 1932. — *Ann. de Protistologie*, 3.

CHADEFAUD (M.), 1936. — *Mélanges* dédiés à L. Daniel, Univ. de Rennes, p. 41.

CHADEFAUD (M.), 1937. — *Le Botaniste*, série 28.

CHATTON (E.), 1925. — *Ann. des Sc. nat., Zoologie*, 10e série, VIII.

DANGEARD (P.-A.), 1902. — *Le Botaniste*, série 8.

DANGEARD (P.-A.), 1929. — *Le Botaniste*, série 21.

DOBELL (Cl.), 1908. — *Quart. Journ. Micr. Sc.*, 52.

Source MNHN, Paris

DOFLEIN (F.), 1916. — Lehrb. d. Protozoenk. Jena.
DREZEPOLSKI (R.), 1925. — *Kosmos, Journ. Soc. Polon. Nat. « Kopernik »*, 50.
GRANDORI (R. et L.), 1934. — *Boll. Labo. Zool. agraria et bachicoltura del R. Inst. Sup. Agrario*, 5.
HAASE (G.), 1910. — *Arch. f. Protist.*, 20.
HALL (R.-P.), 1929. — *Journ. morphol.*, 48.
HALL (R.-P.), 1934. — *Arch. f. Prot.*, 81.
HALL (R.-P.), 1934. — *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 53.
HALL (R.-P.), 1936. — *Bot. Review*, 2.
HALL (R.-P.) et JAHN (Th.-L.), 1929. — *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 48.
HALL (R.-P.) et POWELL (W.-N.), 1927. — *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 46.
HALL (R.-P.) et POWELL (W.-N.), 1928. — *Biol. Bull.*, 54.
HAMBURGER (C.), 1911. — *Sitz.-Ber. d. Heidelberg Akad.*, 1911.
HARTMANN (M.) et CHAGAS (C.), 1910. — *Mem. Inst. O. Cruz*, 2.
HAYE (A.), 1930. — *Arch. f. Prot.*, 70.
HOLLANDE (A.), 1937. — *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 62 (*Dinema*).
HOLLANDE (A.), 1938. — *C. R. Soc. de Biol.*, 127 (dictyosomes des Euglénians).
HOLLANDE (A.), 1938. — *C. R. Ac. des Sc.*, 206 (parabasal des Cryptomonadines).
HOVASSE (R.), 1933. — *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 58.
JIROVEC (O.), 1929. — *Arch. f. Protist.*, 68.
JIROVEC (O.), 1924. — *Arch. f. Protist.*, 72.
KLEBS (G.), 1892. — *Zeitschr. f. wiss. Zool.*, 55.
KLEIN (Br.), 1930. — *Arch. f. Protist.*, 72.
KOFOID (Ch.) et SWEZY (O.), 1922. — *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 20.
KORSCHIKOW (A.), 1924. — *Arch. russes de Protistol*, 3 (résumé dans : R.-P. HALL, *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 53, 1934).
LACKEY (J.-B.), 1929. — *Arch. f. Protist.*, 66.
LACKEY (J.-B.), 1933. — *Biol. Bull.*, 65.
LEFÈVRE (M.), 1932. — *C. R. Ac. des Sc.*, 19 décembre.
LEFÈVRE (M.), 1934. — *Revue Algologique*, 7.
LEMMERMANN (E.), 1913. — *in :* Susswasser-Flora, 2. Jena.
LÆFER (J.-B.), 1931. — *Arch. f. Protist.*, 74.
MASSART (J.), 1921. — El. de Biol. gén. et de Bot., vol. 1. Bruxelles.
PLAYFAIR (G.-J.), 1921. — *Proc. linn. Soc. N. S. Wales*, 46.
PROWAZEK (S.), 1903. — *Arch. f. Prot.*, 2.
RHODES (R.-C.), 1926. — *Anat. Rec.*, 34.
ROSKIN (G.), 1930. — *Arch. f. Protist.*, 73.
SCHAEFFER (A.), 1918. — *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 37.
SCHUSSLER (H.), 1917. — *Arch. f. Protist.*, 38.
SENN (G.), 1900. — Pflanzenfamilien, de Engler et Prantl, t. I, fasc. 1a. Leipzig.
SELIGO, 1887. — *Cohn's* Beitr. z. Biol., 4.
STEIN (F.), 1878. — Der Organismus der Infusionsthiere. Leipzig.
TANNREUTHER (G.-W.), 1923. — *Arch. f. Entwickl. d. Org.*, 52.
WAGER (H.), 1900. — *Journ. Linn. Soc., London, Zool.*, 27.
WENRICH (D.-H.), 1924. — *Biol. Bull.*, 47.
WENYON, 1926. — Protozoology, 1. London.

—:—

Source MNHN, Paris

Un nouvel *Aphanothece* de la Guadeloupe : *Aphanothece Karukerae* nov. sp.

par Rob. LAMI

Un des traits de drague que nous avons effectués, le 20 février 1936, entre Basse-Terre et Vieux-Fort, à la Guadeloupe, par 15 à 20 mètres de profondeur, sur fond de sable noir volcanique, caillouteux par endroits, nous a procuré un matériel fort varié, tant animal que végétal. Parmi le contenu de la drague, un petit corps rougeâtre, ovale et gélatineux avait attiré notre attention et nous avait paru, sur le moment, être un mollusque contracté, probablement un petit Nudibranche.

Ce corps, examiné au laboratoire que la Mission cryptogamique du Muséum avait installé temporairement à Basse-Terre, dans les bâtiments administratifs, grâce à l'obligeance de M. le Gouverneur Bouge, s'est révélé être un thalle de Cyanophycée que la forme des cellules permet d'attribuer au genre *Aphanothece*.

Par son thalle subglobuleux bien défini, cet *Aphanothece* appartient à la section *Coccochloris* (Sprengel) Kirch. Aucun *Aphanothece* décrit ne possédant tous les caractères de la plante récoltée, nous la considérons comme nouvelle et la décrivons ci-après sous le nom d'*Aphanothece Karukerae* nov. sp., rappelant ainsi son origine guadeloupéenne (1).

(1) Nous estimons que les termes de *Karukeræ* ou *Karukerensis*, de *Karukera*, graphie européenne du nom primitif indigène de la Guadeloupe, doivent être employés pour désigner l'origine guadeloupéenne d'une espèce préférablement à *guadelupensis*, qui prête à confusion, ou à *guadelupensis*, qui est incorrect.

Source : MNHN, Paris

Aphanothece Karukerae *Lami*, nov. sp.

Strato gelatinoso-firmo, subgloboso vel hemispherico, subrubro, 5 mm. crasso. Cellulis oblongo-ovalibus vel subcylindricis, 6-6,5 μ crassis, contentu rubro, tenuiter granuloso, sparsis in incolore liquomine.

Habit. *in Antillorum mori, ad oros insulae « Guadeloupe » opud « Bosse-Terre », in altitudine moris 15-20 m.*

Thalle bombé ovalaire de 8 sur 17 mm., épais de 5 mm., paraissant, dans l'échantillon unique observé, formé de la coalescence de deux thalles hémisphériques, de consistance gélatineuse assez ferme, de teinte rougeâtre terne (fig. 1, A). Formé de cellules elliptiques ou subcylindriques, épaisses de 6 à 6,5 μ, de 1,5 à 2 fois plus longues que larges (fig. 1, B).

Aphanothece Karukerae nov. sp. — *a*. Vue latérale du thalle. — *b*. Cellules dont quelques-unes viennent de se diviser.

Les cellules possèdent un contenu finement granuleux et une membrane mince; elles sont irrégulièrement dispersées dans une gelée incolore homogène.

Nous insisterons sur la couleur rouge de cet *Aphonothece*, couleur analogue à celle que présentent d'assez nombreuses Cyanophycées marines vivant à une lumière atténuée ou filtrée par une hauteur d'eau appréciable.

On pourrait considérer cette coloration comme un exemple nouveau de la facilité d'adaptation chromatique souvent rencontrée chez les Cyanophycées, cependant, diverses observations, faites en France, nous autorisent à considérer que la coloration rouge de certaines Cyanophycées n'est pas un caractère écologique temporaire, mais un caractère spécifique stable qui demeure dans des cultures pures de ces êtres maintenues à un éclairement normal.

Source MNHN, Paris

L'Algothèque du Laboratoire de Cryptogamie entretient des cultures pures de plusieurs Cyanophycées rouges, isolées de produits de dragages par M. LEFÈVRE, qui conservent leur couleur depuis plus de six années, bien que maintenues à un éclairement suffisant pour l'évolution normale de culture d'algues vertes et brunes, et de Cyanophycées bleues.

La présence simultanée en profondeur de Cyanophycées bleues et rouges montre que l'adaptation chromatique n'est ni indispensable, ni générale. Cette coexistance a été observée, il y a longtemps, par le Marquis DE FOLIN qui, dans une lettre adressée à E. BORNET, en 1884, signale avoir rencontré, dans le produit de dragages profonds, la présence très fréquente de « filaments d'un beau rouge ou d'un magnifique bleu ». Il s'agit bien certainement de Cyanophycées rouges et bleues vivant, les unes et les autres, sous une épaisse couche d'eau.

La fréquence en eau profonde ou en lumière atténuée de Cyanophycées, où le phycoérythrine domine, est probablement due à un facteur autre que la qualité ou la quantité de la lumière, bien que ce facteur puisse, en certaines circonstances, être lié plus ou moins étroitement à l'éclairement.

Signalons que sous la même couche d'eau, ramenées avec cet *Aphanothece* par la drague, vivent de nombreuses plantes vertes : Chlorophycées : *Caulerpa*, *Udotea*, *Acicularis*, etc., et même quelques Monocotylédones : *Halophila Baillonis* Aschers. et *H. Aschersonii* Ost. qui prospèrent et fleurissent parfaitement.

Source MNHN, Paris

Source MNHN, Paris

Sur une collection d'Algues marines recueillies à une profondeur remarquable près des Iles Canaries

par F. BOERGESEN

Parmi quelques collections d'algues de diverses régions, exposées au Musée botanique de Copenhague par le zoologue danois, le Dr Th. MORTENSEN, figurait un bocal contenant des algues recueillies le 2 avril 1930, au moyen d'un faubert, sur fond dur, près de La Luz (Grande Canarie). Ce bocal attira mon attention, car, selon l'étiquette, ces algues avaient été recueillies à une profondeur d'environ 200 m., ce qui est une profondeur peu ordinaire pour des algues, et, comme nous n'avons que très peu d'indications exactes sur le problème de la répartition en profondeur des algues, je me décidai à examiner le contenu de ce bocal.

D'abord, je m'informais auprès de M. MORTENSEN pour savoir si cette indication était exacte. M. MORTENSEN m'a fait part qu'il n'a pas contrôlé lui-même l'indication obtenue de pêcheurs, mais, en estimant la profondeur entre 100 et 200 mètres, on sera sûr de ne pas exagérer. Si la profondeur exacte ne se trouve qu'entre ces limites, c'est néanmoins une profondeur très considérable, ce que l'on voit aussi par l'aspect particulier de quelques-unes des algues de ce bocal. En outre, deux ou peut-être trois de ces espèces n'ayant pas été antérieurement signalées aux îles Canaries, je pense que cette courte note sur elles sera justifiée.

Source MNHN Paris

Dans son remarquable travail publié récemment, « Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères » (*Revue Algologique*, X, 1937, p. 72), J. FELDMANN écrit : « On admet généralement qu'une profondeur de 200 mètres marque la limite extrême atteinte par les végétaux photosynthétiques; à cette profondeur, en effet, l'éclairement est extrêmement faible. Cette limite ne semble d'ailleurs être atteinte qu'exceptionnellement. » Comme exemple que cette profondeur est atteinte par la végétation algale, J. FELDMANN mentionne les recherches bien connues faites par RODRIGUEZ, aux Baléares, où une végétation d'algues riche et bien developpée se trouve à plus de 100 mètres de profondeur, quelques espèces se trouvant même jusqu'à 180 mètres. Mais dans d'autres rapports sur la limite extrême de la végétation connue jusqu'à présent, on n'en trouve pas, à beaucoup près, de plus profonde, et, présumant que la collection des Canaries provient d'une profondeur égale à celle des Baléares, il me semble que cette collection est fort intéressante sous ce rapport.

Il a déjà été mentionné que, chez plusieurs espèces, l'aspect des spécimens de profondeur diffère beaucoup de celui des spécimens du littoral. Ils portent, au plus haut degré, l'empreinte d'une adaptation à intercepter la lumière. Ainsi, la surface de la fronde est très élargie chez quelques-unes des espèces, mais, par ailleurs, elle est très mince. Là où existe une formation de poils, ils sont alors très peu développés.

Chez *Cryptonemia Lomation*, et surtout chez la plante, malheureusement stérile, et à cause de cela rapportée, avec doute, à *Callymenia reniformis*, la fronde est plus ou moins horizontalement étalée et fixée au substratum, outre le disque primaire, par des disques secondaires développés sur les bords de la fronde.

Il se trouve dans cette collection, au total, cinq espèces : deux Phéophycées et trois Rhodophycées. Ces espèces sont les suivantes :

Halopteria filicina (Grat.) Kütz., Phycolog. gen., p. 292. — Cf. C. SAUVAGEAU, Remarques sur les Sphacélariacées, p. 294, où la bibliographie est indiquée.

Un seul petit exemplaire non fructifié, fixé à un morceau de Coralliaire, se trouve dans la collection. La fronde en est très mince et très élégamment ramifiée, rappelant la figure 58 du très regretté C. SAUVAGEAU (« Etat *aestivalis* »). Cette espèce n'avait pas été recueillie antérieurement aux îles Canaries.

Zonaria Tournefortii (Lamx) Mont., Flore d'Algérie, p. 32. — Cf. C. SAUVAGEAU, Observations sur quelques Dictyotacées, etc.

Source MNHN, Paris

(*Bull. Station biol. d'Arcachon*, 8, 1905, p. 2), et BOERGESEN, Mar. Alg. Canary Islands II, Phaeophyceae, 1926, p. 92.

De cette plante (fig. 1), existent plusieurs exemplaires dans la collection. Elle m'a d'abord un peu embarrassé, car la fronde en était très élargie, assez mince, presque dépourvue des séries transversales de poils, et elle semblait posséder des nervures vigoureuses s'allongeant, flabelliformément, de la base jusqu'au sommet, différant ainsi beaucoup de la fronde normale du type littoral de cette plante. En étudiant plus à fond cette plante, les nervures supposées se sont montrées cependant être des rangs de poils rapprochés, vigoureusement développés près de la base de la fronde et s'étendant jusqu'aux extrémités des lobes de celle-ci.

Fig. 1. — *Zonaria Tournefortii* (Lamx) Mont. Gr. = 2/3.

Conformément à la description que donne C. SAUVAGEAU de la plante littorale, une section transversale de la plante de l'eau profonde montre qu'elle aussi est composée de quatre couches de cellules exactement superposées par rangs et couvertes, des deux côtés, d'une assise de cellules épidermiques égales, souvent partagées au milieu par une cloison radiale. Au-dessous des lignes sombres de poils rhizoïdiques enchevêtrés, on observe, dans la section transversale, que les cellules des couches médullaires ont des parois très épaisses qui constituent des sortes de nervures, mais sans augmentation du nombre des cellules médullaires. La fronde, d'ailleurs, est très mince et, ce que montre la figure, beaucoup plus élargie que celle de la forme littorale. Comme

Source MNHN, Paris

nous l'avons indiqué plus haut, les séries transversales de poils sont très faiblement développées et elles ne sont composées que de poils épars.

Un des exemplaires était fertile. Les sporanges se trouvent, comme l'a décrit C. SAUVAGEAU, disposés en sores, des deux côtés de la fronde. Ils sont entourés de nombreuses paraphyses claviformes et moniliformes, comme le montre ma figure 36 (*l. c.*). Les sporanges piriformes contiennent, ce qui est connu, huit spores, mais aucun des sporanges de l'exemplaire de l'eau profonde examinés n'était divisé, sauf un seul, qui montrait une division tétraédrique.

Peyssonnelia rubra (Grev.) J. Ag., Spec. alg., vol. II, p. 502.

Un petit exemplaire stérile se trouve dans la collection.

Cryptonemia Lomation (Berth.) J. Ag., Spec., Alg., II, p. 227.

Dans la collection, il existe plusieurs exemplaires de cette plante (fig. 2). Ils sont assez abondamment ramifiés et forment des touffes arrondies. La fronde en est assez mince. Quant à la forme des segments, produits en rangs le long des bords de la fronde, elle varie beaucoup, mais, généralement, ces segments sont arrondis et possèdent des bases cunéiformes. Le long des bords, il existe de petites prolifications irrégulières entre les cellules corticales desquelles sont développés des tétrasporanges aux spores cruciés.

Fig. 2. — *Cryptonemia Lomation* (Berth.) J. Ag. Gr. = 2/3.

Cette espèce n'a pas été signalée antérieurement aux îles Canaries.

Callymenia reniformis (Turn.) J. Ag. ?

Il est très regrettable que les deux exemplaires de cette plante soient stériles et qu'ainsi on ne puisse compter que sur leur anatomie, qui peut même avoir été modifiée par suite de la profondeur considérable. Mais après avoir comparé ces plantes avec *Callymenia reni-*

Source MNHN, Paris

Fig. 3. — *Callymenia reniformis* (Turn.) J. Ag. S. Gr. = 2/3.

formis, comme aussi avec d'autres espèces avec une constitution anatomique semblable, j'estime que ces deux exemplaires se rapprochent beaucoup de *Callymenia reniformis*, même s'ils s'écartent, sur quelques points, de l'exemplaire de *Callymenia reniformis* auquel je les ai comparés.

La fronde élargie (fig. 3) de ces exemplaires a environ 14 centimètres de long et 4-5 centimètres de large. Le bord en est sinué, ondulé et muni de nombreuses petites protubérances irrégulières aux sommets arrondis. La base est composée d'un stipe court fixé, par un disque aplati, à un morceau de Coralliaire. Ayant environ 3/4 de centimètre de long, ce stipe rejoint la fronde en une base cunéiforme. Outre ce disque, les deux exemplaires possèdent deux ou trois autres petits disques développés sur le bord de la fronde et, ainsi que le disque original, fixés à de petites pierres, etc... Je n'ai trouvé aucune trace d'un tel bord possédant des disques et des protubérances pour fixer la plante au substratum, dans les exemplaires de *Callymenia reniformis* que j'ai examinés antérieurement.

Source MNHN Paris

Sur la figure (fig. 3), on peut remarquer un petit lobe développé sur le stipe. Un autre semblable existe aussi près de la base. D'ailleurs, cette fronde présente un grand lobe et plusieurs petites proliférations dont quelques-unes font saillie à la surface.

La fronde est épaisse d'environ 200 μ.

Sur une section transversale, on voit que les cellules épidermiques sont petites, oblongues et serrées. Vers l'intérieur, les cellules deviennent progressivement plus grandes et arrondies, et elles finissent par être étoilées avec de longs prolongements filamenteux qui traversent l'intérieur muqueux. Ces filaments varient beaucoup quant à leur épaisseur.

Dans sa « Contribution à la flore algologique des Canaries », p. 303, Mlle VICKERS a mentionné — avec un ? — *Callymenia reniformis* Ag. comme nouvelle pour les îles. La collection d'algues de Mlle VICKERS se trouve dans l'herbier du Jardin Botanique de l'Etat, à Bruxelles, mais son Directeur, M. E. DE WILDEMAN, a eu l'amabilité de m'envoyer des exemplaires pour examen (Cf. « Marine Algae from the Canary Islands », III, 2, 1929, p. 75). Ces exemplaires étaient mal développés et stériles, mais ils présentaient des cellules étoilées. En les comparant avec des exemplaires de *Callymenia reniformis* de l'herbier du Muséum de Copenhague, je n'avais pas réussi, à ce moment, à y observer des cellules étoilées, c'est pourquoi je doutais de l'exactitude de la détermination de Mlle VICKERS. Récemment, je viens d'examiner de nouveau l'anatomie de *Callymenia reniformis* et, entre autres, d'un bel exemplaire du Croisic, 21 septembre 1873, Herb. G. THURET, dans lequel j'ai trouvé de nombreuses cellules étoilées ressemblant à celles observées dans les exemplaires d'eau profonde. Sous ce rapport, au moins, il n'y a rien qui empêche la plante de Mlle VICKERS d'être *Callymenia reniformis*.

Je ne manquerai pas d'ajouter que les exemplaires d'eau profonde m'ont rappelé, à première vue, la plante de Karachi que, dans le *Kew Bulletin*, 1934, p. 14, fig. 10, j'ai rapporté à *Meristotheca papulosa* (non *M. japonica*, comme indiqué dans la légende de la figure) ; cette plante possède aussi des cellules étoilées, mais son anatomie me semble assez différente ; il faut avouer cependant que, pour la plante des Indes, je n'ai eu qu'un spécimen desséché à examiner.

Source MNHN Paris

Quelques algues draguées sur le Banc Gorringe

par le Dr Jean LANCELOT

Au sud-ouest du Portugal, à 125 milles W.-S.-W. du cap Saint-Vincent, entouré de fonds de 3.000 mètres, s'élève par 36°22 N., 11°35 W., une sorte de pain de sucre dont le sommet sous-marin constitue le Banc Gorringe. Cette partie haute, formée de roches avec sables foraminifères et bryozoaires (*Plytrema miniaceum*), par fonds de 50 à 60 mètres, d'une surface sensiblement elliptique, paraît être une étroite chaîne de un mille et demi dans sa longueur sens est-ouest.

Le *Président-Théodore-Tissier* s'arrêta au-dessus de lui lors d'un des voyages d'études de l'Office Scientifique des Pêches, fin novembre, début de décembre 1933, et M. BELLOC, qui était à bord, nous en rapporta arrachées par la drague de PETERSEN, à une profondeur de 50 mètres, les quelques algues suivantes :

Zonaria Tournefortii (Lamour.) Mont. = *Zonaria flava* (Clem.) Ag. (Cinq exemplaires.)

M. le Professeur SAUVAGEAU, auquel nous les avions montrés, les a trouvés si semblables à ceux récoltés par Ed. BORNET, dans une grotte, à Antibes, qu'on les croirait provenir de la même récolte. Ce *Zonaria* n'est pas très connu en profondeur. Les expansions foliacées du thalle sont larges et remarquablement étalées, du type croissant en eau calme.

Les échantillons dragués sont touffus et vigoureux, ils ont de 25 à 30 centimètres de haut sur 20 à 25 de large. Deux conservent un disque fixateur circulaire très développé. Tétrasporanges nombreux.

Source MNHN, Paris

Laminaria iberica (Hamel) Lami. (Un exemplaire.)

Ensemble de couleur claire. Fronde étalée sur plus d'un demi-cercle, les digitations en sont de largeur assez inégale, à extrémités fortement usées; pas de taches noires. Hauteur totale : 0 m. 50; longueur du stipe : 0 m. 23; largeur de la fronde : 0 m. 35.

Le stipe cylindrique et lisse présente à la coupe une région médullaire arrondie; il contient des canaux mucifères formant un cercle à peu près ininterrompu à l'union du tiers moyen et du tiers inférieur; on le retrouve moins continu à la base de crampons vigoureux, fixés en bouquet à l'extrémité du stipe avec tendance verticillée. Sur l'exemplaire sec de cette forme à stipe long, la teinte brune de la région stipo-frondiale est très nettement accusée, et M. Lami, auquel nous l'avons communiqué, nous a confirmé la détermination *L. iberica*.

M. Belloc nous a indiqué qu'un second *Laminaria* semblable, mais très abîmé par la drague, n'avait pas été conservé.

Sphaerococcus coronopifolius (Good. et Wood.) Ag. (Quatre exemplaires.)

Touffes très ramifiées, de 20 à 30 centimètres de haut, sur 15 à 20 de large, avec longs rameaux rouge vif naissant sur des ramifications brun rouge plus âgées et de type étroit.

Deux exemplaires possèdent des cystocarpes abondants.

Peyssonelia Squamaria (Gmel.) Decsne. (Un exemplaire.)

Fixé sur la base d'un *Zonaria*, cet exemplaire mesure 7 centimètres sur 8; les lobes en sont largement étalés.

Cette végétation du Banc Gorringe, isolé des côtes par une distance importante et par de grands fonds, comprenant des espèces ibériques, océaniques, marocaines et méditerranéennes occidentales, avec très vigoureux développement par fond de 50 mètres, sur ce plateau de faible étendue, nous a paru d'une remarque intéressante.

—:—

Le Gérant : P. Wolf.

Rouen. — Imprimerie Wolf, 13, rue de la Pie.

Source MNHN Paris

Zonaria Tournefortii (Lmx.) Mont.
dragué sur le Banc Gorringe par le *Président-Théodore-Tissier*.

Source : MNHN, Paris